

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Vojtěch Pilnáček

Studie nakládání se zdravotnickými odpady v ČR a EU

Study the treatment of medical waste in CR and EU

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce/Školitel: Ing. Libuše Benešová CSc.

Praha, 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 29. 5. 2012

Vojtěch Pilnáček

Abstrakt

Oblast odpadů ze zdravotnictví zahrnuje několik rozsáhlých podoblastí. Jednak je to legislativa v oblasti nakládání s odpady ze zdravotnictví, která je v současné době v Evropské unii roztržštěná do různých právních předpisů. Dále pak podoblast technického řešení nakládání s odpady ze zdravotnictví, v níž se nachází mnoho možností od předcházení a recyklace přes úpravu až po odstraňování. A v poslední řadě jsou to data o produkci a nakládání s odpady. Oblast sbíraných dat je omezena na členské státy Evropské unie. Data jsou bohužel obtížně přístupná a poměrně nevěrohodná.

Práce obsahuje dostupné informace právě o výše vyjmenovaných podoblastech. Závěrem práce je zhodnocení a několik návrhů na zlepšení současného stavu na poli nakládání s odpady ze zdravotnictví.

Abstract

Domain of medical waste includes a few sub domains. Firstly it is legislation of handling with medical waste, which is nowadays in European Union fractionalized in different laws. Then it is sub domain of technical solutions of handling with medical waste. This sub domain comprises of many options as preventing of generation, recycling, conversion and disposal of medical waste. Last domain is data about production and handling with medical waste. Area of collected data is limited on member states of European Union. The data are unfortunately difficult to access and relatively incomplete and unreliable.

The thesis contains accessible information in these sub domains. Conclusions of the thesis are assessment and a few recommendations for amelioration of present state in the area.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod | 4 |
| 2. Definice odpadů ze zdravotnictví | 5 |
| 3. Legislativa v oblasti zdravotnických odpadů | 8 |
| 3.1 Současná legislativa EU | 8 |
| 3.2 Současná legislativa v ČR | 10 |
| 3.3 Návrh legislativy pro ČR | 14 |
| 4. Složení zdravotnického odpadu | 15 |
| 5. Rizika | 18 |
| 6. Nakládání se zdravotnickými odpady | 20 |
| 6.1 Předcházení vzniku odpadů ze zdravotnictví | 20 |
| 6.2 Shromažďování | 21 |
| 6.3 Transport | 22 |
| 6.4 Recyklace a znovu využívání | 22 |
| 6.5 Úprava odpadů ze zdravotnictví | 23 |
| 6.5.1 Prokazování účinnosti dekontaminace | 23 |
| 6.5.2 Možnosti dekontaminace | 24 |
| 6.5.2.1 Dekontaminace teplem | 24 |
| 6.5.2.2 Chemická dekontaminace | 28 |
| 6.5.2.3 Dekontaminace ozařováním | 32 |
| 6.5.2.4 Dekontaminace biologickými procesy | 34 |
| 6.6 Odstraňování | 35 |
| 6.6.1 Spalování | 35 |
| 6.6.2 Rozklad plazmovým obloukem | 37 |
| 6.6.3 Enkapsulace a solidifikace | 37 |
| 6.6.4 Skládání | 38 |
| 7. Analýza současné situace | 39 |
| 7.1 Produkce odpadů ze zdravotnictví | 39 |
| 7.2 Efektivita zdravotní péče | 47 |
| 7.3 Úprava a odstraňování odpadů ze zdravotnictví | 48 |
| 7.4 Hlavní nedostatky při nakládání s odpady ze zdravotnictví | 52 |
| 8. Závěr | 53 |
| Seznam zkratk | 55 |
| Použitá literatura | 56 |

1. Úvod

Odpady ze zdravotnictví se v posledních letech začínají stávat na poli oboru nakládání s odpady stále důležitějším tématem. S rostoucí kvalitou zdravotní péče roste i podíl jednorázově používaných zdravotnických pomůcek a přístrojů. Množství odpadu se proto stále zvyšuje. Odpady ze zdravotnictví navíc vykazují, v důsledku kontaktu s pacienty, kteří trpí infekčními onemocněními a obsahu nepoužitelných léčiv, cytostatik a chemikálií, řadu nebezpečných vlastností. Především jsou to infekčnost, toxicita, dráždivost, vysoká reaktivita a pozdní účinky - karcinogenita, teratogenita a mutagenita. S takovými odpady je tedy třeba nakládat s příslušnou opatrností. Odpady ze zdravotnictví obsahují vysoké procento odpadu, který by se dal buď vytřídit a materiálově využít nebo zpracovávat jako odpad komunální. Praxe v mnoha zdravotnických zařízeních je ale taková, že jsou dohromady shromažďovány infekční a ostatní odpady a jsou tedy vyloučeny oba zmíněné způsoby zpracování. Problémem je rovněž přeprava odpadů ze zdravotnických zařízení do míst jejich odstranění. Jelikož se většinou jedná o odpady nebezpečné, hrozí při jejich přepravě riziko ohrožení zdraví lidí a životního prostředí. V největším množství vznikají odpady infekční. Řešení nabízí zařízení na dekontaminaci infekčních odpadů umístěná přímo na místě vzniku odpadu, která eliminují právě rizika spojená s infekčností odpadu. Odpady ze zdravotnictví obsahují relativně velká množství toxických kovů a PVC. To, v souvislosti s faktem, že nejčastější způsob odstraňování odpadů ze zdravotnictví je spalování, znamená, že vzniká riziko úniku toxických látek do ovzduší.

Cílem práce je shrnout dostupné informace o platné legislativě v ČR a EU, složení, rizicích plynoucích z nakládání, možnostech minimalizace vzniku, shromažďování, transportu, úpravy a odstraňování odpadů ze zdravotnictví. Na tuto řešeršní část navazuje část analytická, jejímž cílem je shromáždit dostupná data o produkci a způsobech úpravy a odstraňování odpadů ze zdravotnictví v jednotlivých zemích EU. Závěrem práce by mělo být zhodnocení systémů nakládání se zdravotnickými odpady v ČR a EU.

Poděkování patří školitelce a vedoucí práce paní Ing. Libuši Benešové CSc. za ochotnou a milou pomoc při řešení všech problémů vyskytnuvších se při tvorbě textu a mým příbuzným a blízkým, kteří mě po celou dobu psaní velmi podporovali.

2. Definice odpadů ze zdravotnictví

Na začátku práce je nutné stanovit, co všechno zahrnuje pojem odpady ze zdravotnictví. Světová zdravotnická organizace definuje odpady ze zdravotnictví jako veškeré odpady, které produkují zdravotnická a výzkumná zařízení a laboratoře, ale také rozptýlené zdroje jako jsou domácnosti. Odpad je rozdělen do několika kategorií, jimiž jsou:

- Infekční odpad (Odpad z infekčních oddělení, kultury z laboratoří, materiály a vybavení, které se dostalo do kontaktu s infekčními pacienty)
- Patologický odpad (Lidské tkáně a tělní tekutiny např. části těl, plody po potratu)
- Ostré předměty (Jehly infuzní sety, skalpely, rozbité sklo atd.)
- Farmaceutický odpad (Nepoužitelná léčiva a předměty, které s nimi přišly do kontaktu - např. obaly)
- Genotoxický odpad (Nepoužitelná cytostatika např. po léčbě rakoviny, genotoxické chemikálie)
- Chemikálie (Reagencie z laboratoří, chemikálie používané k vyvolávání filmů, desinfekce, rozpouštědla atd.)
- Odpady s vysokým obsahem těžkých kovů (Baterie, rozbité teploměry, tlakoměry atd.)
- Nádoby na stlačený plyn
- Radioaktivní odpady (Např. po léčbě rakoviny) (Prüss et al., 1999)

Legislativa České republiky respektive Evropské unie deklaruje odpad ze zdravotnictví v katalogu odpadů vyhláškou č. 381/2001 Sb. respektive rozhodnutím Evropské komise 2000/532/EC jako odpady z porodnické péče, z diagnostiky, z léčení nebo prevence nemocí lidí pod identifikačním číslem 18 01. Tato podskupina se dále dělí do devíti dalších druhů odpadu (Vyhláška č. 381/2001, rozhodnutí Evropské komise 2000/532/EC).

Dělení podle katalogu odpadů:

Ostré předměty (18 01 01)

Ostrými předměty jsou myšleny všechny předměty, které jsou ve vztahu k výkonu zdravotní péče a mohou narušit pokožku, případně do ní zavléct infekci. Zejména pak jde o jehly, kanyly, injekční stříkačky s jehlou, jehly s křídélky, bodce, skleněné střepy, ampule, pipety, čepele skalpelů, lancety, prázdné lékovky, zkumavky atd. (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Části těla a orgány včetně krevních vaků a krevních konzerv (18 01 02)

Tento druh zahrnuje drobný anatomický odpad jako například zbytky vlasů, nehtů zubů, tkání po drobných ošetřeních, tkání určených k vyšetření, produktu potratu do ukončeného dvanáctého týdne těhotenství, odpad vznikající po úklidu míst, kde vzniká anatomický odpad (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Odpady, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce (18 01 03, dále jen infekční odpady)

Tento druh odpadu zahrnuje odpady vznikající při provozu infekčních oddělení, odpady pocházející z prostor, kde mohou být infikovány a odpady kontaminované lidskou krví, sekrety nebo výkaly. Patří sem hlavně kontaminovaný obvazový materiál, pomůcky, infuzní nástroje bez jehly, pomůcky pro inkontinentní pacienty, osobní ochranné pomůcky personálu, zbytky jídla, odpad z mikrobiologických laboratoří včetně mikrobiologických kultur atd. (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Odpady, na jejichž sběr a odstraňování nejsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce (18 01 04, dále jen odpady bez rizika infekce)

Do tohoto druhu odpadu patří odpad, který nebyl infikován, kontaminován biologicky, cytostatiky, nebezpečnými látkami nebo prošel procesem dekontaminace. Patří sem například nekontaminované obvazy, sádrové obvazy, prádlo, oděvy na jedno použití, pomůcky pro inkontinentní pacienty (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky (18 01 06, dále jen nebezpečné chemikálie)

Tento druh zahrnuje například chemické látky z laboratoří, látky pocházející z diagnostických vyšetření, experimentálních prací, čištění nebo dezinfekce. v těchto látkách se nachází nebezpečné látky (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Chemikálie neuvedené pod číslem 18 01 06 (18 01 07)

Druh 18 01 07 je svým původem podobná skupině 18 01 06 s tím rozdílem, že látky v ní zahrnuté nevykazují nebezpečné vlastnosti (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Nepoužitelná cytostatika (18 01 08)

Tento druh zahrnuje látky, které vznikají jako odpad při léčbě pacientů cytostatiky případně při výrobě a přípravě cytostatik (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 18 01 08 (18 01 09)

Do tohoto druhu spadají všechna ostatní léčiva, která nespádají do skupiny 18 01 08. Jde tedy například o léčiva nevyhovující jakosti, léčiva s vypršelou dobou expirace, poškozená léčiva nebo léčiva skladovaná za jiných než předepsaných podmínek. Do této skupiny patří také obaly od výše zmíněných léčiv (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Odpadní amalgám ze stomatologické péče (18 01 10)

Odpad pocházející ze zubních ordinací. Obsahuje slitiny rtuti.

Práce se zabývá odpady ze zdravotnictví ve smyslu legislativy České republiky a Evropské unie, konkrétně zákona 185/2001 Sb. a směrnice Evropského parlamentu č. 98/2008, vyhlášky 381/2001 Sb. a rozhodnutí Evropské komise 2000/532/EC. Oproti definici WHO jsou tedy vyloučeny části těl a radioaktivní odpad.

3. Legislativa v oblasti zdravotnických odpadů

Tato kapitola se zabývá jednak Evropským právním rámcem nakládání s odpady ze zdravotnictví, jednak právním rámcem pro nakládání s odpady ze zdravotnictví České republiky a jednak popisem návrhu specializovaného právního předpisu pro nakládání s odpady ze zdravotnictví v České republice. První podkapitola stručně rozebírá evropské právní předpisy v oblasti odpadů ze zdravotnictví a uvádí příklady jejich implementace do národních legislativ. Bohužel není v možnostech rozsahu práce detailně analyzovat rozdíly mezi jednotlivými národními legislativami. Druhá část detailně rozebírá právní rámec nakládání s odpady ze zdravotnictví v České republice. V poslední části je stručně představen návrh speciálního právního předpisu pro oblast nakládání s odpady ze zdravotnictví, tak jak ho vyhotovil státní zdravotní ústav.

3.1 Současná legislativa EU

Odpadům ze zdravotnictví je v současné době, nejen na poli legislativním, věnována poměrně malá pozornost (Tudor, 2008). Evropská unie nemá žádné specifické právní předpisy pro nakládání s odpady ze zdravotnictví (Insa, 2010). Neexistují ani žádné současné studie, které by srovnávaly implementaci legislativy EU v oblasti odpadů ze zdravotnictví (Blenkharn, 2007). Nakládání s odpady ze zdravotnictví se v EU řídí obecnými právními předpisy pro nakládání s odpady, jimiž jsou:

- Směrnice 2008/98/EC, o odpadech
- Směrnice 91/689/EEC, o nebezpečných odpadech
- Rozhodnutí Evropské komise 2000/532/EC, katalog odpadů
- Směrnice 2000/76/EC, o spalování odpadů
- Směrnice 1999/31/EC, o skládkách

Evropská legislativa klade důraz hlavně na prevenci vzniku odpadu, nakládání s odpadem co nejbližší místu vzniku a hrazení nákladů na nakládání s odpadem původcem odpadu. Výše zmíněné právní předpisy uzákoňují pravidla pro sběr, balení, značení, transport, skladování a odstraňování odpadů ze zdravotnictví (Insa, 2010).

Dále jsou pro oblast nakládání s odpady důležité právní předpisy v oblasti veřejného zdraví. Jsou to:

- Směrnice Rady 89/391/EHS, o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

- Směrnice Rady 2000/54/EC, o ochraně zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí biologickým činitelům při práci
- Směrnice rady 2010/32/EU, kterou se provádí Rámcová dohoda o prevenci poranění ostrými předměty v nemocnicích a ostatních zdravotnických zařízeních, uzavřená mezi HOSPEEM a EPSU (Wolff, 2011)

Členské země musely v rámci vstupu do Evropské unie implementovat do svého právního systému evropské právo (Začleňování *acquis* Společenství, 2010). Implementace se týkala i oblasti práva životního prostředí, které zahrnuje legislativu pro nakládání s odpady. Právo životního prostředí spadá do sdílených pravomocí Evropské unie. V těchto pravomocích mají členské státy právo vydávat legislativu za předpokladu, že tak ještě neučinila Evropská unie. Legislativa pro oblast odpadů je tedy pro členské státy unie shodná. Legislativa pro veřejné zdraví, která se také týká odpadů ze zdravotnictví, spadá do doplňujících pravomocí Evropské unie. Doplňující pravomoci pouze poskytují podporu legislativě členských států. V oblasti veřejného zdraví tedy mohou legislativy členských států vykazovat odlišnosti (Politiky Evropské unie, 2012).

Jak již bylo výše zmíněno, v současné době neexistuje žádná studie, která by srovnávala implementaci práva Evropské unie do národních legislativ. Bohužel není v možnostech rozsahu této práce detailně analyzovat národní legislativy všech 27 zemí EU. V této kapitole jsou tedy uvedeny pouze zmínky o stavu některých národních legislativ.

V roce 1994 doporučila Evropská komise členským zemím vypracování právního předpisu, který by upravoval legislativu v oblasti nakládání s odpady ze zdravotnictví (Římanová, Zimová, 2002). Legislativa Spojeného království přebírá legislativu pro nakládání se zdravotnickými odpady od EU a jsou zpracována doporučení pro nakládání s odpady ze zdravotnictví (Blenkharn, 2007; Sanida et al. 2010; Tudor, 2008). Obdobná situace panuje v Itálii. Také zde neexistují specializované právní předpisy pro nakládání s odpady ze zdravotnictví (Mühlich et al., 2003). V Litvě, podle e-mailové komunikace s tamním ministerstvem zdravotnictví, se nakládání s odpady ze zdravotnictví řídí předpisy z oblasti veřejného zdraví. V současné době procházejí revizí. Naopak v Portugalsku, Francii, Řecku (Sanida et al., 2010), Katalánsku (Mühlich et al., 2003) a Slovinsku (Petrлік, Petrova, 2008) specializované právní předpisy pro nakládání s odpady ze zdravotnictví vytvořeny byly. Z emailové komunikace s ministerstvem zdravotnictví Maďarské republiky vyplývá, že od roku 2002 zde také mají specializovaný právní předpis pro nakládání s odpady ze zdravotnictví. Podle národních legislativ se také různí klasifikace odpadu. Například Německo klasifikuje odpady ze zdravotnictví podle obsahu patogenů naproti tomu Portugalsko, Francie nebo Katalánsko podle původu (Mühlich et al., 2003).

3.2 Současná legislativa v ČR

Pro problematiku zdravotnických odpadů neexistuje v ČR žádný specializovaný právní předpis (Zimová, 2010). Nakládání se zdravotnickým odpadem se řídí obecnými předpisy pro nakládání s odpadem, tedy zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb. a dalšími zákony a podzákonnými předpisy z oblasti působení ministerstva životního prostředí, ministerstva zdravotnictví a ministerstva dopravy.

Podle zákona o odpadech je odpad definován jako "každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu". V příloze č. 1 k zákonu o odpadech je odpad ze zdravotnictví uveden pod identifikačním číslem 18 01 (Zákon č. 185/2001 Sb.) Pro detailní informaci o dalším dělení podskupiny 18 01 a příklady odpadů, které do ní patří, viz kapitolu 2.

Podskupiny 18 01 03 (infekční odpady), 18 01 06 (nebezpečné chemikálie), 18 01 08 (nepoužitelná cytostatika), 18 01 10 (Odpadní amalgám ze stomatologické péče) jsou podle Katalogu odpadů posuzovány jako nebezpečné odpady (Vyhláška č. 381/2001 Sb.), vyznačující se infekčností, toxicitou, dráždivostí, vysokou reaktivitou (Ministerstvo životního prostředí, 2007) a pozdními účinky (BIJO TC a.s., 2000) - karcinogenitou, teratogenitou a mutagenitou (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Odpad ve zdravotnických zařízeních musí být odstraňován z jednotlivých pracovišť každý den (Vyhláška č. 195/2005 Sb.). Původce odpadu je povinen sbírat odpady tak, aby bylo zajištěno jejich roztřídění podle druhů a kategorií. Od třídění je možné upustit v případě, že vzhledem k následnému způsobu využití není nutné. Souhlas k upuštění od třídění vydává místně příslušný orgán státní správy. (Zákon č. 185/2001 Sb.). Nebezpečný odpad musí být shromažďován v oddělených uzavíratelných nádobách (Vyhláška č. 195/2005 Sb.), takových aby při běžné manipulaci nemohlo dojít k jejich porušení (Zákon č. 157/1998 sb.). Nádoby by měly v nejlepším případě být spalitelné. Ostré předměty jsou shromažďovány v uzavíratelných spalitelných nádobách s pevnými stěnami (Vyhláška č. 195/2005 Sb.). Nádoby musí být snadno identifikovatelné - tvarově, barevně nebo popisem. Pokud jsou v nich skladovány odpady vykazující toxicitu nebo infekčnost musí být značeny příslušným grafickým symbolem. Ostatní nebezpečné odpady vyskytující se ve zdravotnických zařízeních musí být značeny nápisem "Nebezpečný odpad" (Vyhláška č. 383/2001 Sb.). Dále pak musí být nádoby bezpečné z hlediska manipulace a upravené pro snadné shromažďování odpadu. Zároveň musí být stanoveny vhodné postupy desinfekce a dekontaminace, užívány postupy umožňující bezpečnou manipulaci s kontaminovaným odpadem a jeho bezpečnou likvidaci (Nařízení vlády č. 178/2001 Sb.). Odpad může před odstraněním zůstat na místě shromáždění v letním období maximálně 48 hodin, v zimním pak 72 hodin. V případě, že by měla být tato doba překročena, musí být odpad skladován v místě k tomu speciálně určeném. Teplota v místě skladování se musí pohybovat v rozmezí 3 - 8°C (Vyhláška č. 195/2005 Sb.). Místa nakládání s nebezpečným odpadem

musí být vybavena identifikačním listem nebezpečného odpadu. Ten obsahuje identifikační údaje původce odpadu, identifikaci odpadu, opatření při nakládání s odpadem a opatření při nehodách (Vyhláška č. 383/2001 Sb.). Vysoce infekční odpad musí být odstraněn v co nejkratší době od doby vzniku (Vyhláška č. 195/2005 Sb.). Konkrétní opatření při shromažďování, manipulaci a odstraňování odpadu upravuje provozní řád zdravotnického zařízení, který schvaluje orgán ochrany veřejného zdraví (Zákon č. 258/2000 Sb.).

Původce odpadu smí podle zákona 185/2001 Sb. nakládat s odpady pouze v zařízeních, která jsou k nakládání s odpady určena, případně je povinen předat odpad k odstranění osobě, která je provozovatelem zařízení k odstranění nebo ke sběru nebo k výkupu určeného druhu odpadu. Souhlas s provozováním takového zařízení vydává krajský úřad. Při nakládání s odpady nesmí být ohroženo zdraví lidí a životní prostředí. Původce je také povinen postupovat podle následující hierarchie úkonů: předcházení vzniku odpadů, pak příprava k opětovnému použití, recyklace, jiné například energetické využití a v poslední řadě pak odstranění odpadu (Zákon 185/2001 Sb.).

Do doby než je odpad odstraněn nebo předán jiné osobě, musí být skladován tak, aby nedošlo k jeho znehodnocení, odcizení nebo úniku (Zákon 185/2001 Sb.).

Většina odpadů ze zdravotnictví, pokud je přepravována z místa vzniku do místa odstranění, je přepravována silniční dopravou. Jak již bylo výše uvedeno, odpady ze zdravotnictví vykazují řadu nebezpečných vlastností. Silniční přeprava v oblasti nebezpečných věcí, jimiž jsou i odpady vykazující nebezpečné vlastnosti, se řídí podle Evropské dohody o mezinárodní silniční dopravě nebezpečných věcí (dále jen ADR) (Zákon č. 111/1994 Sb.). Odpady ze zdravotnictví spadají do ADR buďto pod číslem UN 3291 jako odpad klinický nespecifikovaný nebo odpad (bio)medicínský nebo odpad medicínský regulovaný (dále jen medicínské odpady) nebo pod číslem UN 2814 jako Infekční látky nebezpečné pro lidi nebo pod číslem UN 2900 jako Infekční látky nebezpečné jen pro zvířata. Mezi Infekční látky nebezpečné pro lidi nebo Infekční látky nebezpečné jen pro zvířata se odpady ze zdravotnictví řadí, pokud je možné, že při jejich úniku a kontaktu s lidmi nebo zvířaty mohou způsobit trvalou invaliditu, nemoc ohrožující život nebo smrtelnou nemoc jinak zdravých lidí nebo zvířat. Odpady, které nesplňují tyto podmínky, ale přes to obsahují infekční látky, se řadí pod medicínské odpady. Pod čísla UN 2814 a 2900 se odpady řadí na základě chorobopisu případně odborného lékařského posouzení pacienta, od kterého odpady pocházejí. Mezi látky pod číslem UN 3291 se odpady řadí na základě katalogu odpadů. Patří do nich tedy odpady druhu 18 01 03. Dekontaminované odpady, které nevykazují další nebezpečné vlastnosti, se neřídí ustanoveními ADR. Nebezpečné látky musí být umístěny v obalech takových, aby při běžné manipulaci nemohlo dojít k úniku látek. Odpady spadající pod čísla UN 2814 a 2900 musí být zabaleny ve třech těsných nádobách. Vnější obal musí být vyroben z tuhého materiálu. Mezi primárním a sekundárním obalem musí být seznam obsahu kusu. Odpady spadající pod číslo UN 3291 musí být zabaleny ve dvou

vrstvách obalu, přičemž vnější obal může být společný pro víc nádob vnitřní vrstvy. Pokud nádoba obsahuje odpad spadající pod číslo UN 3291, ale je podezření, že by mohla obsahovat i látky spadající pod číslo UN 2184 nebo 2900, je potřeba mezi vnitřní a vnější obal vložit seznam obsahu kusu s poznámkou, že je zde podezření na obsah infekčních látek kategorie A. Při opětovném použití se obaly musí podrobit prohlídce, zda nejsou kontaminovány, korodovány nebo nevykazují jiné závady. Lze používat jediné certifikované obaly, které prošly testovací metodikou ADR pro konkrétní čísla odpadu. K přepravě nelze převzít odpady, jejichž obal je porušen nebo netěsní. Obaly použité pro přepravu látek spadajících pod čísla UN 2814, 2900 a 3291 jsou považovány za kontaminované a spadají pod takové číslo, jaké měl odpad v nich převážený. Jednotlivé přepravní nádoby musí být značeny bezpečnostními značkami podle toho, pod jaké číslo patří. Odpady patřící pod čísla UN 2814, 2900 a 3291 jsou značeny značkou pro infekční látky (obr. č. 1.), případně dalšími značkami podle toho jaké vlastnosti vykazují. Vozidla přepravující nebezpečné látky musí být označena bezpečnostními značkami a oranžovými tabulkami. Na bezpečnostních značkách je uveden symbol nebezpečné vlastnosti, případně další podrobnosti týkající se přepravovaného odpadu. Na oranžové tabulce je uveden kód nebezpečné vlastnosti odpadu a UN číslo odpadu (obr. č. 2). K přepravě těchto odpadů lze využít pouze vozidla k tomu způsobilá. Taková vozidla nesmí mít víc než jeden přívěs. Pro přepravu odpadů spadajících pod čísla UN 2814 a 2900 ve volně loženém stavu lze použít kontejnery pro volně ložené látky nebo kontejnery s plachtou pokud jsou jejich obaly bez otvorů a těsné, látky jsou napuštěné desinfekční látkou a překryté dodatečným absorpčním potahem. Pro přepravu v kusech lze použít uzavřená vozidla nebo kontejnery, vozidla nebo kontejnery s plachtou nebo nekrytá vozidla nebo kontejnery. Odpady spadající pod číslo UN 3291 mohou být volně ložené přepravovány v kontejnerech pro volně ložené látky v případě, že jsou uzavřené v těsných, hermeticky uzavřených pytlích a povrch kontejnerů není porézní nebo popraskaný, tak aby zabraňoval desinfekci. V případě přepravy kusů musí být tyto kusy přepravovány v uzavřených vozidlech nebo kontejnerech nebo vozidlech nebo kontejnerech s plachtou. Posádka vozidla musí být proškolená o zásadách manipulace s nebezpečnými látkami, hlavně o nebezpečích plynoucích z přepravy těchto látek, chování při přepravě, nakládce a vykládce, řešení krizových situací atd. Vozidlo musí být vybaveno hasicím přístrojem (Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí, 2010). Tyto podmínky musí splňovat i odpady ze zdravotnictví druhu 18 01 06, 18 01 08 a 18 01 10. Paleta nebezpečných vlastností těchto odpadů je ale tak bohatá, že není v možnostech rozsahu tohoto textu rozepisovat konkrétní opatření pro jednotlivé látky. Za případné škody během dopravy odpadu do zařízení k nakládání s odpady nese odpovědnost dopravce (Zákon 185/2001 Sb.).

V případě, že původce odpadů produkuje nebezpečný odpad a chce s ním zároveň i nakládat, musí mít souhlas od místně a věcně příslušného orgánu státní správy (zákon 185/2001 Sb.). Pokud původce odpadu produkuje množství do 100 t za kalendářní rok nebezpečného odpadu je tímto

orgánem místně příslušný obecní úřad s rozšířenou působností, pokud víc než 100 t za kalendářní rok, musí povolení udělit krajský úřad (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Odstranění nebezpečného odpadu, který vykazuje nebezpečnou vlastnost infekčnost, je zakázáno formou skládkování (Vyhláška č. 294/2005 Sb.). Nebezpečný odpad je také zakázáno mísit s odpadem nevykazujícím nebezpečné vlastnosti za účelem naředění koncentrací nebezpečných látek a dosažení zařazení odpadu do kategorie odpadů nevykazujících nebezpečné vlastnosti. Zařazení nebezpečného odpadu do kategorie odpadů nevykazujících nebezpečné vlastnosti, v případě odpadů ze zdravotnictví nejčastěji druhu odpadu 18 01 03 do druhu odpadu 18 01 04, je možné, pokud je odpad zbaven nebezpečné vlastnosti infekčnosti a jsou z něj vytrženy ostatní nebezpečné složky. Děje se tak pomocí způsobu odstranění odpadu definovaného v příloze č. 4 zákona o odpadech jako "Fyzikálně-chemická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12 (např. odpařování, sušení, kalcinace)" (Zákon č. 185/2001 Sb.), konkrétně některým ze způsobů dekontaminace (Ministerstvo životního prostředí, 2007). Viz kapitolu 6.5. Konečný produkt dekontaminace nebo odstranění odpadu je přijat na skládku příslušné kategorie na základě vodních výluhových testů. Viz tabulky č. 1, 2, 3, 4. Popílek z procesu čištění spalin musí být navíc solidifikován (Vyhláška č. 294/2005 Sb.).

Na skládku se rovněž nesmí ukládat nevyužitelná léčiva (Vyhláška č. 294/2005 Sb.). S nevyužitelnými léčivy se nakládá jako s nebezpečným odpadem. Nakládat s nevyužitelnými léčivy smí pouze osoby, které mají souhlas orgánu kraje v přenesené působnosti, nebo pokud se jedná o radiofarmaka státního úřadu pro jadernou bezpečnost (zákon 378/2007 Sb.).

Odpady ze zdravotnictví jsou v největší míře odstraňovány spalováním (Ministerstvo životního prostředí, 2007). Při spalování musí mít vznikající plyn v případě spalování odpadů nevykazujících nebezpečné vlastnosti teplotu za posledním přívodem spalovacího vzduchu nejméně 850 °C, v případě nebezpečných odpadů obsahujících halogenované organické sloučeniny (převedené na chlor) v míře vyšší než je 1% musí být teplota 1100°C. WHO doporučuje spalovat odpady ze zdravotnictví při teplotě nejméně 1000°C (Ministerstvo životního prostředí, 2007). Infekční odpady musí být přikládány přímo do pece bez míšení s dalšími druhy odpadu a další manipulace. Spalováním jsou myšleny i procesy jako je pyrolýza, zplyňování, plazmové procesy (Nařízení vlády č. 354/2002 Sb.).

V případě že původce odpadu produkuje víc než 100 t nebezpečného odpadu za kalendářní rok, je povinen jmenovat odpadového hospodáře. Odpadový hospodář je odborný pracovník, jenž zajišťuje odborné nakládání s odpady, zastupuje původce odpadu v jednání s veřejnou správou (Zákon č. 185/2001 Sb.).

Původci odpadů a osoby oprávněné k nakládání s odpady jsou povinny vést evidenci o nakládání s odpadem. V případě, že produkuje více než 100 kg nebezpečných, případně více než 100 t ostatních odpadů za kalendářní rok, jsou povinni odevzdávat tuto evidenci místně příslušnému obecnímu úřadu s rozšířenou působností. Evidence je vedena pro každý druh odpadu zvlášť. Při přepravě nebezpečných odpadů je příjemce i odesílatel odpadu povinen vyplnit evidenční list odpadu a zaslat jej na místně příslušný obecní úřad s rozšířenou působností. (Zákon č. 185/2001 Sb.).

3.3 Návrh legislativy pro ČR

V rámci projektu ministerstva životního prostředí SP/2F3/227/07 - Hodnocení a minimalizace negativních vlivů na zdraví a životní prostředí při nakládání s odpady ze zdravotnických zařízení byl vytvořen návrh vyhlášky o zdravotnických odpadech (Vyhláška kterou se stanoví způsoby nakládání s odpadem ze zdravotnických a jim podobných zařízení). Vyhláška jednak shrnuje opatření zavedená v již existující legislativě, jednak přidává nová opatření specifická pro odpady ze zdravotnictví.

Nově přidanými opatřeními jsou:

- Shrnutí obsahu provozního řádu zdravotnického zařízení v oblasti odpadového hospodářství a provozního řádu zařízení pro nakládání s odpady
- Opatření týkající se třídění odpadu, zejména požadavky na třídění podle způsobu dalšího nakládání a druhů odpadu skupiny 18 01 a značení sběrných nádob štítkem
- Opatření týkající se sběru odpadů jako např. technické požadavky na sběrné nádoby a jejich značení štítkem a barvou sběrné nádoby, frekvence odklizení odpadu
- Opatření týkající se úpravy odpadů ze zdravotnictví jako požadavky na proces dekontaminace, které odpady lze dekontaminovat, které nebezpečné vlastnosti se dekontaminací odstraní, jak dále nakládat s odpadem, který dekontaminací prošel
- Opatření týkající se přepravy odpadů uvnitř areálu zdravotnického zařízení jako technické a hygienické požadavky na přepravní prostředky
- Výčet odpadů, které musí být odstraňovány výhradně spalováním
- Výčet pracovníků, kteří musí projít školením o nakládání s odpady ze zdravotnictví a obsah těchto školení

4. Složení zdravotnického odpadu

Odpad ze zdravotnických zařízení vykazuje, jak již bylo výše zmíněno, řadu nebezpečných vlastností především infekčnost dále pak toxicitu, dráždivost, vysokou reaktivitu a pozdní účinky - karcinogenitu, teratogenitu a mutagenitu. Je proto vyloučena detailní fyzická analýza. Rozbor materiálového složení se tedy provádí nepřímými metodami. Těmi mohou být například rozbor množství materiálu spotřebovaného v organizaci za určitý časový úsek nebo kvalifikovaný odhad na místě vzniku (Metodika šetření o materiálovém složení nebezpečného odpadu ze zdravotnictví, 2008).

Při první ze zmíněných metod je od zdravotnického zařízení získán soupis materiálu, který je zde používán. Od výrobců jsou pak získány materiálové charakteristiky jednotlivých produktů. Z těchto dat je možné vypočítat, jaké je složení vyprodukovaného odpadu (Metodika šetření o materiálovém složení nebezpečného odpadu ze zdravotnictví, 2008).

Při provádění kvalifikovaného odhadu je vybrán určitý počet pytlů s odpadem a jejich obsah je roztržěn na jednotlivé složky. Následně jsou určeny hmotnostní podíly jednotlivých složek. Tato analýza byla provedena v rámci přípravy metodiky šetření o materiálovém složení nebezpečného odpadu ze zdravotnictví a kvantifikace jednotlivých složek. Pro analýzu byla vybrána Fakultní Thomayerova nemocnice Praha. V rámci analýzy byl odpad rozdělen na 4 materiálové složky: papír, plast, ostré předměty a buničinu a textil. Výsledky ukazuje tabulka č. 5. Podíly složek odpadů z různých oddělení se liší v závislosti na charakteru vykonávané zdravotnické činnosti (Metodika šetření o materiálovém složení nebezpečného odpadu ze zdravotnictví, 2008).

Tabulka č. 5 Materiálové složení odpadu v procentech

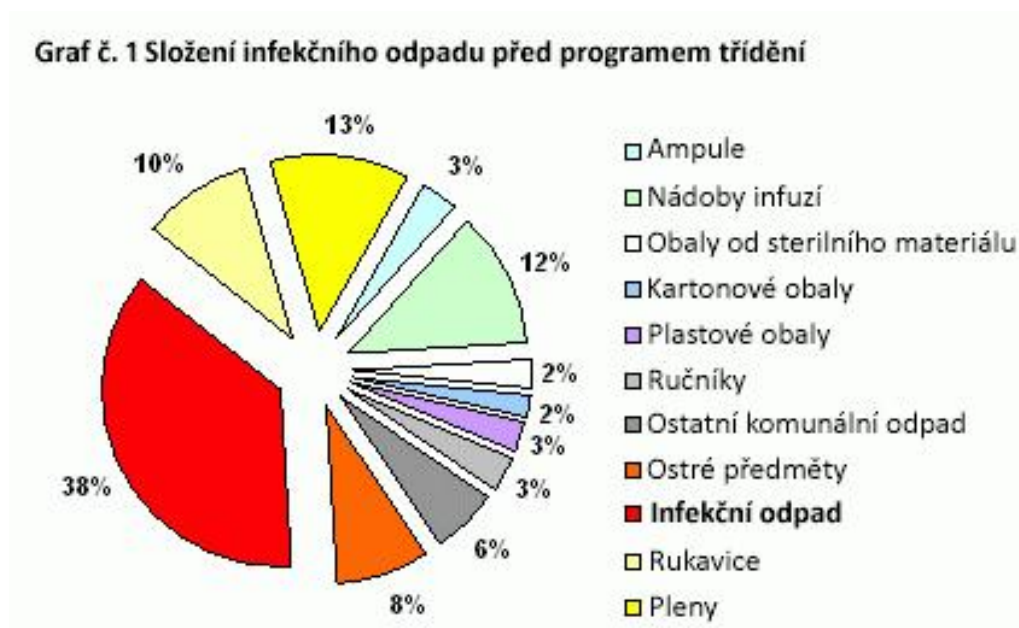
| Oddělení | Papír | Plast | Ostré předměty | Buničina a textil |
|-------------------------------|-------|-------|----------------|-------------------|
| Chirurgie | 30,2 | 54,3 | 12,3 | 3,2 |
| Gynekologie | 7,1 | 24,3 | 0 | 68,6 |
| Transfuzní | 0 | 92,9 | 4,5 | 2,6 |
| Interna | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Anesteziologicko-resuscitační | 33,5 | 60,2 | 4,9 | 1,4 |

Zdroj: Metodika šetření o materiálovém složení nebezpečného odpadu ze zdravotnictví

Ze závěrů studie mimo výše zmíněné výsledky také vyplynulo, že k odpadu ze zdravotnictví je téměř ve všech případech přimíchán také odpad komunální. Děje se tak proto, že odpad vznikající na odděleních není důsledně tříděn (Metodika šetření o materiálovém složení nebezpečného odpadu ze

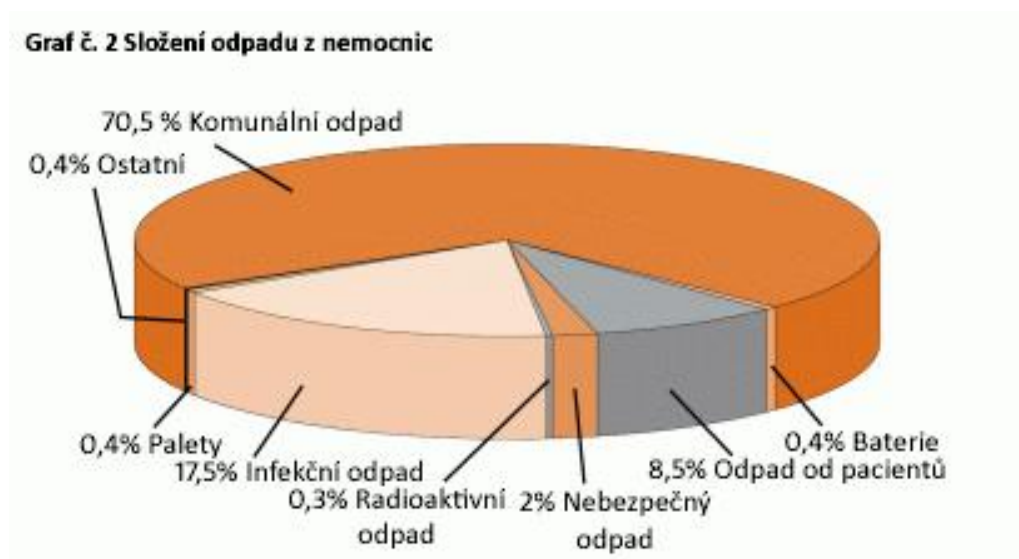
zdravotnictví, 2008). Hlavní podíl ovšem tvoří na téměř všech odděleních plasty. Je tomu tak proto, že roste podíl používaných jednorázových pomůcek (Zimová, 2010). Viz obr. č. 3.

Infekční odpad tvoří pouze 38% z odpadu produkovaného nemocnicí. Viz graf č. 1. Zbytek odpadu je možné recyklovat (Healthcare without harm, 2012b).



Zdroj: Healthcare without harm, 2012b

Další zdroje uvádí, že odpady z nemocnic jsou v průměru složeny dokonce ze 71% z odpadu, jenž by se po vytřídění dal klasifikovat jako odpad komunální. Zbýlých 29% tvoří 17,5% infekčního odpadu, 8,5% odpadu vyprodukovaného pacienty, 2% dalšího nebezpečného odpadu a 1% ostatních odpadů (Viz Graf č. 2.) (Healthcare without harm, 2012a).



Zdroj: Healthcare without harm, 2012a

Jiná studie (Xie, Li, Wu, Yi, 2008), která prováděla analýzu odpadu ze zdravotnictví, rozdělila odpad na plasty, gumu, bavlnu a papír. Obsah plastů v odpadu byl 34%, gumy 27 %, bavlny 25% a papíru 12%. 1,4% zaujímaly zbytky jídla, 0,3 % kovy a 0,3 % sklo. Průměrná vlhkost odpadu byla 44,13% Studie se také zabývala chemickým složením suchého odpadu. Odpad se skládal z 51, 5 % uhlíku, 40,3 % kyslíku, 6,73 % vodíku 0,77 % dusíku a 0,08 % síry (Xie, Li, Wu, Yi, 2008).

V odpadech ze zdravotnictví lze nalézt relativně velké zastoupení kovů. Často jsou používány slitiny a přípravky s velkým podílem rtuti a zinku nebo nástroje s obsahem kovové rtuti. Tento fakt potvrzuje i zvýšená koncentrace zinku a rtuti ve vodných výluzích z popele a popílku ze spaloven zdravotnického odpadu (BIJO TC a.s., 2000).

5. Rizika

Jak již bylo výše zmíněno, odpady ze zdravotnictví se vyznačují celou řadou nebezpečných vlastností. Jsou to: infekčnost, toxicita, dráždivost, vysoká reaktivita a pozdní účinky - karcinogenita, teratogenita a mutagenita. Expozice lidí těmito nebezpečným vlastnostem znamená značné ohrožení zdraví. Kromě toho se při nevhodném nakládání s odpady ze zdravotnictví, například při spalování v zařízeních bez filtrace spalin, může uvolňovat do životního prostředí řada nebezpečných látek (WHO, 2011).

V odpadech ze zdravotnictví se vyskytuje široká škála mikroorganismů způsobujících infekce. Viz tabulku č. 9. Za nejčastější cesty přenosu je považováno vniknutí skrz porušenou pokožku, vniknutí přes sliznici, vdechnutí a požití. Riziko vniknutí skrz porušenou pokožku je často spojeno s porušením pokožky ostrými předměty (Římanová, Zimová, 2002). Za nejlépe zdokumentované nemoci přenesené na člověka při nakládání s odpady ze zdravotnictví se považuje HIV/AIDS a žloutenka typu B a C. Například v roce 1992 bylo ve Francii zaznamenáno 8 případů infekce HIV po poranění ostrým předmětem pocházejícího z odpadu ze zdravotnictví, z toho 2 se vyskytly u nezdravotnických pracovníků nakládajících s odpadem. V roce 1994 bylo v USA zaznamenáno 39 takových případů. Z toho 32 se vyskytlo po poranění jehlou, 1 po poranění skalpelem, 1 po poranění střepem skla, 1 po kontaktu s neostrým odpadem a 4 po vystavení sliznice nebo kůže kontaminované krvi (Prüss et al., 1999). WHO uvádí, že poraněním ostrými předměty se ročně nakazí 23 milionů lidí (WHO, 2012). Ze statistik také vyplývá, že riziko projevu nemoci po expozici kontaminovanému materiálu je pro HIV 0,3 - 5%, pro žloutenku typu B 3 - 10% a pro žloutenku typu C 3%. Riziko závisí na hloubce poranění, míře kontaminace předmětu, jímž je infekce přenášena, tom jestli je krev z tepny nebo žíly a infekčnosti pacienta (Wilburn, Eijkemans, 2004).

Značné riziko představují také chemikálie, nepoužitelná léčiva a cytostatika. Vykazují zbytek nebezpečných vlastností zmíněných v úvodu této kapitoly - toxicitu, dráždivost, vysokou reaktivitu a pozdní účinky - karcinogenitu, teratogenitu a mutagenitu. Můžou způsobovat akutní nebo chronické otravy, případně poranění očí, sliznic nebo kůže jako jsou popáleniny. Nejčastěji dochází právě k popáleninám. Typické způsoby poranění jsou přenos stykem s kůží nebo sliznicemi, vdechnutí nebo požití (Prüss et al., 1999). Tyto látky nemusí být nebezpečné samy o sobě. Může docházet k vytváření různých nebezpečných produktů vzájemnými reakcemi (Římanová, Zimová, 2002). Pozdními účinky se projevují zejména nepoužitelná cytostatika (Prüss et al., 1999).

Osoby potenciálně vystavené rizikům plynoucím z nakládání s odpady ze zdravotnictví jsou jednak pracovníci zdravotnického personálu jako lékaři, zdravotní sestry, ošetřovatelé, personál zajišťující údržbu zdravotnického zařízení jako uklízečky, personál prádelny, personál zajišťující odvoz odpadu, pacienti a jejich návštěvy, personál zařízení na odstraňování odpadu (Prüss et al., 1999; Římanová, Zimová, 2002). Přímo ohroženo může být i zdraví veřejnosti. A to pokud se stane, že je s

odpady ze zdravotnictví nakládáno tak, že je k nim v průběhu, případně i po odstranění volný přístup. Ohroženou skupinou se pak stávají hlavně děti a lidé, kteří se živí sběrem odpadu, například bezdomovci (WHO, 2011).

Životní prostředí může být ohroženo buďto přímo, únikem látek vykazujících nebezpečné vlastnosti (např. při přepravě, nevhodném nakládání atd.), nebo nepřímo. Nepřímé ohrožení plyne ze spalování odpadu ze zdravotnictví za nevhodných podmínek. Jak již bylo psáno výše, odpady ze zdravotnictví mohou obsahovat relativně velké množství toxických kovů a PVC. Při spalování a nedostatečné filtraci spalin mohou do životního prostředí unikat jednak toxické kovy, jednak jedovaté látky jako dioxiny a polychlorované bifenylly (PCB). Například studie zkoumající obsah dioxinů a PCB ve vejcích poblíž spalovny odpadů ze zdravotnictví v Indickém Lucknow prokázala z hlediska EU nadlimitní obsah obou zmíněných látek (Contamination of chicken eggs near the Queen Mary's Hospital, 2004).

6. Nakládání se zdravotnickými odpady

6.1 Předcházení vzniku odpadů ze zdravotnictví

Předcházením vzniku odpadů ze zdravotnictví je možné jednak snížit zátěž pro životní prostředí a zdraví lidí, jednak ušetřit prostředky zdravotnického zařízení na nakládání s odpady. Ekonomický aspekt není v dnešní době zdaleka nevýznamný (Prüss et al., 1999). Za odstraňování odpadu na skládkách a ve spalovnách se totiž platí čím dál vyšší poplatky. Za ušetřené prostředky mohou zdravotnická zařízení provádět tolik potřebné zvyšování platů zaměstnanců, inovace budov a technického vybavení.

Cílem předcházení vzniku odpadů není jen snížení množství odpadu, ale také omezení či eliminace nebezpečných vlastností odpadů.

Možností jak omezit spotřebu materiálů ve zdravotnictví, a tedy i produkci odpadů je mnoho. Jednou z nich je využívání pomůcek, při jejichž výrobě je prostě spotřebováno méně materiálu (Prüss et al., 1999). Jako příklad lze uvést pytle na infekční odpad používané v Davis Medical Center v Kalifornii. Pytle splňují normu pro zatížení, jsou lehčí než běžné pytle a z 30% je tvoří recyklované plasty. Během ročního používání bylo v Davis Medical Center díky těmto pytlům redukováno množství odpadu o zhruba 19 tun (McGurk, 2004). Spotřebu materiálu lze snížit také nakupováním materiálu, který je zabalen v co nejmenším množství obalů (Emmanuel, 2001).

Další možností jak předcházet vzniku odpadů ze zdravotnictví je školení zdravotnického personálu, tak aby neprodukoval zbytečný odpad. Například by personál měl dříve spotřebovat starší materiál a pravidelně kontrolovat dobu jeho expirace, využívat obsahu celých balení (Prüss et al., 1999) nebo připravovat desinfekční roztoky z minimální dávky koncentráту doporučené výrobcem (Emmanuel, 2001).

Další možnost skýtá vhodný management objednávání materiálu. Z hlediska vzniku odpadů je lepší objednávat menší balení, která je možné včas využít. Je také vhodné centralizovat nákup potenciálně nebezpečných látek, například léčiv, a flexibilně je distribuovat na místa, kde jsou potřeba (Prüss et al., 1999).

Pokud jde o snižování obsahu nebezpečných látek v odpadu, je možné využívat fyzikálních metod sterilizace, například sterilizace v autoklávech, raději nežli metod chemických. Dále je možné nakupovat produkty s nižším obsahem nebezpečných látek. Například nahradit produkty s velkým obsahem PVC produkty s obsahem menším (Prüss et al., 1999). Do nedávné doby byla ve zdravotnictví používána řada přístrojů s vysokým obsahem rtuti. V některých zdravotnických zařízeních tomu tak je dodnes, jelikož zatím nebyla nalezena žádná dostupná alternativa, která by

splňovala požadavky na přesnost měření, tak jako přístroje rtuťové. Nahrazením těchto přístrojů za modernější rtuť neobsahující, lze redukovat obsah rtuti v odpadu (McGurk, et al., 2002).

6.2 Shromažďování

Hlavním požadavkem při shromažďování odpadu ze zdravotnictví je vhodné roztrídění jednotlivých druhů odpadu a předcházení infekce osob, které s odpadem nakládají.

Třídění jednotlivých druhů odpadu je důležité pro následné nakládání. Odpady z nemocnic například obsahují značné množství komunálních odpadů. Viz kapitolu 4. Pokud by s nimi mělo být nakládáno jako s komunálními, nesmí být shromažďovány společně s infekčním odpadem. Byly by kontaminovány. Aby bylo možno nakládat s nimi jako s odpady komunálními, je potřeba je důsledně třídit (Petrlik, Petrova, 2008). Třídění může napomáhat jednak školení personálu a rozmístění propagačních materiálů o třídění odpadu, jednak vhodné označení nádob na odpad (McGurk, 2004). Nádoby by měly být značeny výrazně a na viditelném místě. Pro třídění odpadů je vhodné barevné označení nádob, např. barvou celé nádoby, barevným pruhem nebo alespoň barvou štítku s popisem odpadu. Podle Metodického doporučení k nakládání s odpady ze zdravotnictví vydaného ministerstvem životního prostředí žlutá barva odpovídá infekčním odpadům, červená odpadům určeným ke spálení, černá anatomicko-patologickým odpadům, modrá odpadům nevykazujícím nebezpečné vlastnosti a zelená odpadům určeným k dekontaminaci. Bezbarvé nádoby jsou určeny ke sběru komunálního odpadu (Ministerstvo životního prostředí, 2007). Je také důležité rozmístit nádoby v zařízení tak, aby jednak personál zařízení, jednak pacienti a jejich návštěvy, neznečišťovaly jednotlivé druhy odpadů, umístěné v jednotlivých kontejnerech. Je tedy například nevhodné umístit nádobu na infekční odpad vedle umyvadla nebo do pokojů pacientů (McGurk, 2004). Studie z nemocnice z polského Opolí uvádí, že po proškolení personálu v oblasti třídění odpadu kleslo množství infekčního odpadu o 50% (Healthcare without harm, 2012b).

Aby nedocházelo k infekci osob, které s odpadem nakládají, musí být shromažďovací prostředky uzavíratelné, konstruované tak, aby nebyly poškozovány při manipulaci, a musí být označené podle druhu odpadu (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

Pro shromažďování odpadu ze zdravotnictví jsou nejčastěji používány plastové pytle. Podle druhu využití pytle musí být zvolena vhodná kombinace objemu a tloušťky. Podle Metodického doporučení k nakládání s odpady ze zdravotnictví vydaného ministerstvem životního prostředí by pytle měly mít maximální objem 0,1 m³ a minimální tloušťku stěny 0,1 mm. V případě pracovišť, kde vznikají vysoce infekční odpady, by tloušťka stěny měla být 0,2 mm (Ministerstvo životního prostředí, 2007). Zajímavým vylepšením konstrukce pytlů je vyztužení dna hvězdovitě se rozbíhajícími proužky, které pomáhají lépe distribuovat hmotnost odpadu a zabraňují trhání švů pytle. Po aplikaci tohoto vylepšení je možné k výrobě pytlů používat menší množství materiálu (McGurk, 2004). V některých zařízeních je odpad shromažďován do pevných nádob. Viz obr. č. 4. Ve srovnání

s plastovými pytli jsou bezpečnější - mají stěny odolné porušení, mohou odpovídat předpisům ADR pro přepravu odpadů ze zdravotnictví a po uzavření už není možné se do nich dostat (Obal centrum s.r.o., 2012). Na druhou stranu představují vyšší materiálové a finanční zatížení. Některé přístroje pro dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví, například mikrovlnné dekontaminátory firmy Meteka, využívají speciálních nádob, do kterých je možné shromažďovat odpad přímo na místě vzniku. Viz obr. č. 5. Po dekontaminaci je možné nádoby vyprázdnit a znovu použít na shromažďování (BIJO TC a.s., 2000). Pro představu o množství ušetřeného materiálu viz kapitolu 6.4.

Po naplnění by nádoby měly být vhodně označeny. Značení by mělo označovat:

- Jaký druh odpadu je v nádobě shromažďován
- Kdy a na jakém oddělení došlo k jeho vzniku
- Kdo je zodpovědný za nakládání a značení odpadu
- Jaká je hmotnost odpadu
- Je-li odpad obsažený v nádobě nebezpečný
- Jaké nebezpečné vlastnosti vykazuje
- Jak s ním bude nakládáno (Ministerstvo životního prostředí, 2007).

6.3 Transport

V případě že odpad splňuje požadavky na zabalení podle dohody ADR je možné ho přepravovat v libovolném vozidle, které splňuje technické požadavky ADR. Viz obr. č. 6.

Zajímavým řešením transportu odpadů jsou mobilní jednotky na zpracování odpadu ze zdravotnictví. I když v tomto případě jde spíš o obrácenou filozofii a transport odpadu je eliminován. Takové řešení nabízí svým produktem například firma Positive impact waste solutions. Jde o přívěs kamionu, na kterém je drtič odpadu a chemická dekontaminační jednotka. Viz obr. č. 7. Po zpracování ztrácí odpad nebezpečnou vlastnost infekčnost a jeho objem klesá o 70%. Viz obr. č. 8. S produktem lze dále nakládat jako s komunálním odpadem (Positive impact waste solutions, 2008).

6.4 Recyklace a znovu využívání

Většina odpadů, které ve zdravotnictví vznikají, má charakter komunálního odpadu (Viz kapitolu 4.). V případě, že se podaří oddělit komunální odpad od nebezpečných odpadů, zvláště pak od infekčního, může být dál tříděn a tedy i recyklován některou z běžných cest recyklace, jako recyklování plastů, skla papíru atd. Jiným příkladem recyklace je získávání stříbra z chemikálií využívaných při vyvolávání rentgenových snímků (Emmanuel, 2001).

Některé předměty používané ve zdravotnických zařízeních je možné po dezinfekci znovu využít. Patří mezi ně například skleněné lahve nebo plastové kontejnery na ostré předměty (Prüss et al., 1999). Studie California Department of Public Health uvádí, že znovu využíváním plastových kontejnerů na ostré předměty by šlo, v nemocnici s 250 lůžky, redukovat množství odpadu až o 13 tun za rok (California department of public health, 2010). Jako kontejnery na ostré předměty mohou, pokud splňují požadavky na pevnost stěn, posloužit také kontejnery od detergentů a desinfekce. Další z možností znovu využití materiálu, je také opětovné naplnění lahví na stlačený plyn (Prüss et al., 1999).

6.5 Úprava odpadů ze zdravotnictví

Úpravou odpadů ze zdravotnictví je myšlena dekontaminace infekčního odpadu. Dekontaminace je definována jako metoda nebo technologie, "která redukuje počty patogenních organismů tak, aby nemusela být požadována žádná další opatření k ochraně pracovníků a obyvatel" (Státní zdravotní ústav, 2009). Po provedení dekontaminace tedy odpad ztrácí nebezpečnou vlastnost infekčnost, a pokud nevykazuje jiné nebezpečné vlastnosti, může s ním být, podle zákona, nakládáno jako s odpadem komunálním. K tomu je ovšem potřeba odpad důkladně třídit, aby se například do sběrných nádob pro infekční odpad nedostala nepoužitá léčiva.

6.5.1 Prokazování účinnosti dekontaminace

Dekontaminace je považována za účinnou, pokud jsou po jejím provedení inaktivovány všechny potenciálně nebezpečné mikroorganismy. Prokázat inaktivaci všech mikroorganismů je ovšem značně obtížné. Proto se účinnost dekontaminační metody vyjadřuje jako pravděpodobnostní funkce počtu přeživších mikroorganismů. Za účinnou se tedy metoda dekontaminace považuje tehdy, když po jejím proběhnutí dojde k inaktivaci vegetativních forem bakterií, hub, lipofilních/hydrofilních virů, parazitů a mykobakterií vyjádřené jako $6 \log_{10}$ nebo větší (snížení počtu přeživších aspoň milionkrát) a inaktivaci spor *Bacillus stearothermophilus* nebo *Bacillus subtilis* vyjádřené jako $4 \log_{10}$ nebo větší (snížení počtu přeživších aspoň desettisíckrát). Tyto podmínky odpovídají kategorii III podle klasifikace STAATT. Pokud je v odpadu přítomen rezistentní *Staphylococcus aureus* musí dojít i k inaktivaci spor *Bacillus stearothermophilus* nebo *Bacillus subtilis* vyjádřené jako $6 \log_{10}$ nebo větší (Státní zdravotní ústav, 2009). Pojem dekontaminace se v tomto případě překrývá s pojmem sterilizace (Emmanuel, Hrdinka, 2003).

Prokazování účinnosti dekontaminace je prováděno v akreditovaných laboratořích. K prokázání účinnosti jsou používány indikátorové organismy. Jednak jimi jsou výše zmíněné *Bacillus stearothermophilus* nebo *Bacillus subtilis*, jako velmi rezistentní druhy, jednak další indikátorové organismy (Státní zdravotní ústav, 2009). Pro podrobnosti o dalších indikátorových organismech viz tabulku č. 6.

Indikátorové organismy jsou do testovaného odpadu vneseny pomocí tzv. testovacího uzavřeného systému (TSC). TSC se skládají z nosiče indikátorových organismů a obalu. Nosič musí být složen z materiálů, které jsou běžně zpracovávány dekontaminačním zařízením. Může posloužit standardizovaný papírový proužek, gáza, filtrační papír, buničina, alabal, sklo, plasty nebo latex. Jako obaly slouží buďto standardní plastové nebo kovové trubičky, nebo např. fluorescenční tenisové míčky. Obal nesmí v průběhu dekontaminace sám o sobě změnit svoje vnitřní prostředí, musí zajistit, aby nosič byl vystaven stejným podmínkám jako materiál vně obalu, ochranu nosiče a snadnou rozpoznatelnost TSC od ostatního materiálu v dekontaminačním zařízení. Doba testování musí odpovídat době expozice odpadu při normálním průběhu dekontaminace. Pokud se v dekontaminačním zařízení v průběhu dekontaminace vyskytují místa s různými podmínkami, musí být TSC rozmístěny tak, aby pokryly celou škálu těchto podmínek. Obvykle se do dekontaminačního zařízení vkládá minimálně 10 TSC. Některá dekontaminační zařízení v průběhu dekontaminace drtí odpad. V takovém případě lze buďto vložit TSC do zařízení až po rozdrcení odpadu, nebo stanovit indikátorový organismus přímo v nezpracovaném odpadu a sledovat jeho redukci (Státní zdravotní ústav, 2009).

6.5.2 Možnosti dekontaminace

Technických řešení dekontaminace odpadů ze zdravotnictví je velké množství. Cílem této kapitoly není jejich kompletní výčet, ale spíše představení různých kategorií dělených na základě principu inaktivace mikroorganismů. U každé z kategorií je tedy nastíněna konstrukce zařízení, uveden průběh dekontaminačního procesu, účinnost dekontaminace, typy odpadů, pro které je vhodná a popsány její produkty. Vše je doplněno obrázky v přílohách. Hodnoty kapacity a délky cyklu, provozních podmínek a obrázky jednotlivých typů zařízení jsou pro lepší představu o fungování zařízení převzaty od konkrétních výrobců pohybujících se na trhu s dekontaminačními zařízeními.

6.5.2.1 Dekontaminace teplem

Dekontaminaci teplem můžeme rozdělit do dalších tří podkategorií: dekontaminaci suchým teplem, dekontaminaci vlhkým teplem a dekontaminaci vyššími teplotami. Do první kategorie můžeme zařadit autoklávy a retorty a mikrovlnnou dekontaminaci, do druhé dekontaminaci horkým vzduchem a do třetí pak depolymerizaci mikrovlnným zářením. Dekontaminace vlhkým teplem je obecně účinnější než dekontaminace suchým teplem. Proto stačí k dosažení požadované inaktivace mikroorganismů kratší časy. Dekontaminace vyššími teplotami využívá teplot v rozmezí 150 až 350°C a tedy způsobuje změny chemické struktury odpadu (Emmanuel, 2001).

6.5.2.1.1 Autoklávy a retorty

Hlavní částí autoklávy je ocelová vnitřní komora odolná vysokým tlakům. Komora je obklopena vnějším pláštěm. Aby se zabránilo kondenzaci páry ve vnitřní komoře, jsou zahřívány stěny vnějšího

plášť. Tato konstrukce také umožňuje práci s párou za nižších teplot. Efektivnějšímu přenosu teploty uvnitř autoklávu pomáhá evakuace vzduchu z vnitřní komory a vnějšího pláště. Rozdíl mezi autoklávem a retortou je v tom, že retorta nemá vnější plášť. Aby bylo v retortě dosaženo stejného inaktivačního účinku je potřeba užívat vyšších teplot. Kapacita dekontaminace odpadu se pohybuje od 100 Kg do několika tun na jeden dekontaminační cyklus (Emmanuel, 2001). Viz obr. č. 9, 10, 11.

Průběh dekontaminace v autoklávech nebo retortách je následující: V případě autoklávů je nejprve vehnána pára do vnějšího pláště. Následně je vložen odpad do vnitřní komory (už shodně pro autoklávy i retorty) a evakuován vzduch. Do vnitřní komory je pak vehnána pára z vnějšího pláště, v případě retorty z jiného zdroje páry. Ve vnitřní komoře je dosažena teplota a tlak potřebný pro inaktivaci mikroorganismů. Po předepsaném čase je pára vypuštěna skrz kondenzor a odpad může být vyňat. Obvykle se tlak ve vnitřní komoře pohybuje kolem 200 kPa a teplota kolem 121 °C, přičemž v ní odpad setrvává 30 minut. Po vyjmutí z vnitřní komory je odpad mechanicky zpracováván. Některé pokročilejší typy autoklávů mají mechanické zpracování předřazené před samotným dekontaminačním procesem (Emmanuel, 2001). Výhoda tohoto řešení je v tom, že je jednak zvětšen povrch odpadu, na který pára působí, jednak v tom, že pára může odpadem lépe pronikat (BIJO T. C., 2000) a jednak jsou zničeny různé uzavřené dutiny, do kterých by se při absenci mechanického zpracování nedostala (Emmanuel, 2001).

Účinnost inaktivace mikroorganismů v autoklávech a retortách dosahuje 6 log₁₀ v případě spor *Bacillus stearothermophilus* a *Bacillus subtilis* a vyhovuje tedy normám pro účinnost dekontaminace (Emmanuel, 2001).

V autoklávech a retortách lze zpracovávat ostré předměty, materiály kontaminované krví a tělními tekutinami, drobný anatomický odpad, odpad z laboratoří vyjma chemikálií vykazujících nebezpečné vlastnosti, měkké odpady (gáza, obvazy, jednorázové pomůcky pro inkontinentní pacienty atd.). V případě autoklávů bez předřazeného mechanického zpracování odpadu by se v odpadu neměly vyskytovat předměty, které zabraňují snadnému pronikání páry například objemné kusy ložního prádla, velké teplu odolné obaly atd. Obecně by v autoklávech a retortách neměly být zpracovávány těkavé organické látky (VOC), nepoužitá cytostatika a radioaktivní látky (Emmanuel, 2001). Pro zpracovávání odpadů autoklávy a retortami je tedy nutné důsledně třídit odpad.

Odpad, který projde dekontaminací v autoklávech nebo retortách je při absenci mechanického zpracování pouze zbaven nebezpečné vlastnosti infekčnosti. Viz obr. č. 12. Při zařazení mechanického zpracování lze dosáhnout 60 - 80% redukce objemu odpadu. Viz obr. č. 13. Pokud není v procesu zpracování zařazeno sušení dekontaminovaného odpadu, bude v důsledku kondenzace páry těžší než před zpracováním. Pokud byl odpad před zpracováním důsledně tříděn a nevyskytovaly se v něm látky vykazující jiné nebezpečné vlastnosti než infekčnost, lze jej uložit na skládku komunálního odpadu. Autoklávy a retorty produkují při svém provozu, pokud jsou používány k

dekontaminaci odpadů nevykazujících jiné nebezpečné vlastnosti než infekčnost, jen minimální množství emisí škodlivých pro zdraví člověka a životní prostředí (Emmanuel, 2001). Například při dekontaminaci materiálů, které přišly do kontaktu s dezinfekčním přípravkem Irgasan DP300, může dojít ke tvorbě dioxinu 2,8-di-CCD. 2,8-di-CCD ale není vysoce toxickým dioxinem (Petrлік, Petrova, 2008). Problémem může být také zápach, který lze ovšem eliminovat vhodným systémem odvětrávání. (Emmanuel, 2001).

6.5.2.1.2 Mikrovlnná dekontaminace

Zařízení na dekontaminaci odpadu ze zdravotnictví na bázi mikrovln není v podstatě nic jiného než velká mikrovlnná trouba (BIJO T. C., 2000). Jeho hlavní částí je komora, ve které na odpad působí mikrovlny. Mikrovlny jsou generovány nejčastěji dvěma až šesti magnetrony o výkonu 1,2 kW. K zařízení může být přidružen drtič odpadu (Emmanuel, 2001). Škála kapacit zařízení je velmi široká. Na trhu lze nalézt různě velká zařízení od malých stolních zpracovávající 8 litrové kontejnery s odpadem (Obr. č. 14) (Meteka, 2012) až po velká s kapacitou až 800 kg odpadu za hodinu (Obr. č. 15) (Sanitec, 2012).

Odpad je do zařízení vložen v pevném kontejneru. Před samotnou dekontaminací je, pokud není dostatečně vlhký, zvlhčen (Státní zdravotní ústav, 2009), případně může být i rozdrčen (Státní zdravotní ústav, 2008). Působením mikrovln je pak přímo v odpadu generována pára, která inaktivuje mikroorganismy. Doba dekontaminace je minimálně 30 minut. Po dekontaminaci může být odpad ještě rozdrčen (Emmanuel, 2001).

Mikrovlnná dekontaminace inaktivuje *Bacillus subtilis* a další mikroorganismy v řádu $7 \log_{10}$ a vyšším a vyhovuje tedy normám pro účinnost dekontaminace (Emmanuel, 2001).

Typy odpadu, které je možné dekontaminovat mikrovlnami, jsou identické s typy odpadu, které je možné dekontaminovat v autoklávech a retortách (Sanitec, 2012). Výjimku tvoří větší kovové ostré předměty, jako jsou chirurgické nástroje, kovové protézy, dráty, tyčky, části fixátorů, extenzorů atd. Drobné kovové předměty jako jehly či víčka lékových dekontaminovat mikrovlnami lze (BIJO T. C. 2000).

Pokud není mikrovlnná dekontaminace spojena s mechanickým zpracováním odpadu, je jejím produktem odpad fyzikálně nezměněný, zbavený nebezpečné vlastnosti infekčnosti. Pokud ano je možné redukovat objem odpadu až o 80 %. Hmotnost odpadu může v důsledku kondenzace páry mírně vzrůst. Odpad zpracovaný mikrovlnnou dekontaminací je možné uložit na skládku komunálního odpadu. Emise škodlivých látek do ovzduší produkované zařízením na mikrovlnnou dekontaminaci odpadu, splňují limity pro pracovní prostředí Occupational safety & health administration (OSHA). Problémem může být zápach, který lze ovšem eliminovat vhodným systémem odvětrávání (Emmanuel, 2001).

6.5.2.1.3 Dekontaminace horkým vzduchem

Základem zařízení na dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví horkým vzduchem je ocelová komora, do které je vháněn horký vzduch. Proud vzduchu je usměrňován tak, aby se nadrcený odpad v komoře vznášel. Kapacita tohoto typu zařízení se pohybuje kolem 90 kg za hodinu. Existují i varianty konstrukce, kde je odpad ohříván pouze nehybným vzduchem (Emmanuel, 2001). Jedná se o stolní zařízení o kapacitě dekontaminace 6 l za jeden cyklus (Biomedical technology solutions, 2008). Viz obr. č. 16.

Odpad je nejprve rozdrčen a následně vložen do dekontaminační komory. Zde je vystaven proudu vzduchu o teplotě 171°C. Po uplynutí po čtyř až šesti minut je vyfouknut z dekontaminační komory do lisu, odkud je po zmenšení objemu přesunut do kontejnerů. Varianty bez proudícího vzduchu mají výrazně delší dobu setrvání v dekontaminační komoře, zhruba 90 minut. Odpad navíc není drcen (Emmanuel, 2001).

V zařízení dosahuje inaktivace *Bacillus subtilis*, v případě zařízení využívajícího horký proudící vzduch 6log₁₀, v případě zařízení využívajícího horký nehybný vzduch až 8log₁₀. Obě varianty tedy splňují normu pro dekontaminaci infekčního odpadu (Emmanuel, 2001).

Typy odpadu, které je možné dekontaminovat horkým vzduchem, jsou identické s typy odpadu, které je možné dekontaminovat v autoklávech a retortách. Malá stolní zařízení jsou používána převážně pro dekontaminaci malých ostrých předmětů, jako jsou jehly (Emmanuel, 2001).

Produktem zpracování je odpad, jehož objem je redukován o 80%. V průběhu procesu lehce klesá hmotnost odpadu. Děje se tak v důsledku jeho vysušení. Odpad je možné uložit na skládku komunálních odpadů (Emmanuel, 2001). V případě zařízení pro dekontaminaci jehel a injekčních stříkaček, jsou jehly enkapsulovány roztavenými plasty injekčních stříkaček (Biomedical technology solutions, 2008). Viz obr. č. 17. Pokud se zřízením nezpracovávají odpady vykazující jinou nebezpečnou vlastnost než infekčnost, neprodukuje zařízení emise škodlivé pro zdraví lidí a životní prostředí. Zápach vznikající při provozu jiných zařízení na tepelnou dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví je v tomto případě eliminován HEPA a uhlíkovými filtry (Emmanuel, 2001).

6.5.2.1.4 Depolymerizace mikrovlnným zářením

Zařízení na depolymerizaci mikrovlnným zářením jsou podobná zařízením na mikrovlnnou dekontaminaci. Je v nich ovšem použito větší množství magnetronů o vyšších výkonech. Například zařízení MD 1000 od firmy Environmental waste international používá 14 magnetronů, z nichž každý má výkon 3 kW. Mikrovlny zahřívají odpad na vysokou teplotu a způsobují rozpad velkých molekul na menší. Teplota v dekontaminační komoře se pohybuje od 150 do 350 °C. Aby nedošlo ke vzplanutí odpadu, probíhá celý proces v dusíkové atmosféře. Při procesu nicméně vzniká chlorovodík a jednoduché plynné uhlovodíky. Chlorovodík je neutralizován v pračce plynů. Jednoduché plynné

uhlovodíky jsou spáleny na hořáku zbytkového plynu nebo biofiltrovány. Součástí zařízení bývá také drtič dekontaminovaného odpadu (Emmanuel, 2001). Kapacita zařízení MD 1000 je 1225 kg za den (Environmental waste international, 2008). Viz obr. č. 18.

Odpad je umístěn do dekontaminační komory, ze které je následně odsát vzduch. Odstátý vzduch je nahrazen dusíkem. Pak je spuštěn samotný proces dekontaminace, po jehož proběhnutí je zbylý odpad, uhlíkové zbytky, rozdrčen. Celý cyklus trvá 50 - 80 minut (Environmental waste international, 2008).

Zařízení splňuje limity dekontaminace pro kategorii III podle klasifikace STAATT (Precision analysis, 2002).

V zařízení můžou být zpracovány ostré předměty, materiály kontaminované krví a tělními tekutinami, drobný anatomický odpad, odpad z laboratoří vyjma chemikálií vykazujících nebezpečné vlastnosti, měkké odpady (gáza, obvazy, jednorázové pomůcky pro inkontinentní pacienty atd.), tělní tekutiny, části těl (Precision analysis, 2002).

Odpad ztrácí po zpracování 80% objemu a hmotnosti, v případě zpracování odpadů s velkým obsahem vody i víc. Viz obr. č. 19 a 20. Pokud nevykazuje další nebezpečné vlastnosti, může být uložen na skládku komunálního odpadu (Environmental waste international, 2008). Emise plyných látek do pracovního prostředí se pohybují o jeden až šest řádů pod limity OSHA. Zařízení navíc produkuje ještě odpadní vody z pračky plynů (Emmanuel, 2001).

6.5.2.2 Chemická dekontaminace

Při chemické dekontaminaci jsou na odpad aplikovány chemické látky, které inaktivují mikroorganismy (Státní zdravotní ústav, 2008). Jsou používána zařízení na bázi chloru, oxidu vápenatého, ozonu, peroctové kyseliny a dalších chemikálií. Základním problémem je zajištění dostatečného kontaktu dekontaminující látky s mikroorganismy. Zařízení na chemickou dekontaminaci tedy bývají často vybavena různými drtiči a míchacími systémy (Emmanuel, 2001). I přes to lze říct, že ve srovnání se zařízeními na tepelnou dekontaminaci vykazují zařízení na chemickou dekontaminaci horší výsledky (Státní zdravotní ústav, 2008). Navíc už samotné dekontaminační chemikálie, mohou být zátěží pro zdraví člověka a životní prostředí (Prüss et al., 1999). Hrozí také nebezpečí reakcí dekontaminačních chemikálií a chemikálií obsažených v odpadu (Emmanuel, 2001).

6.5.2.2.1 Na bázi chloru

Zařízení na dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví na bázi chloru se nejčastěji skládá z nádrže s dekontaminační chemikálií a drtiče. Pro dekontaminaci na bázi chloru se nejčastěji používá buďto

chlornan sodný nebo oxid chloričitý. Dekontaminační zařízení na bázi chloru mívají velkou kapacitu například zařízení firmy Encore má kapacitu kolem 1300 kg za hodinu.

Odpad je pásovým dopravníkem dopraven do nádrže s dekontaminační chemikálií. Následně je rozdrčen v drtiči a pod tlakem nechán odstát. Tlak pomáhá lepší infiltraci dekontaminační chemikálie do odpadu. Odtud jde odpad do lisu, kde je z něj vytlačen zbytek dekontaminační chemikálie a je redukován jeho objem. Celý proces trvá cca 5 minut (Emmanuel, 2001).

Účinnost inaktivace *Bacillus stearothermophilus* dekontaminačními zařízeními na bázi chloru dosahuje 4 log₁₀ a splňuje tedy limity pro kategorii III podle klasifikace STAATT (Emmanuel, 2001).

V zařízení můžou být zpracovány ostré předměty, materiály kontaminované krví a tělními tekutinami, drobný anatomický odpad, odpad z laboratoří vyjma chemikálií vykazujících nebezpečné vlastnosti, měkké odpady (gáza, obvazy, jednorázové pomůcky pro inkontinentní pacienty) (Emmanuel, 2001; Prüss et al., 1999).

Objem odpadu zpracovaného dekontaminací chlorem je v závislosti na použitém drtiči až o 80% menší (Emmanuel, 2001). Chlornan sodný se za běžných podmínek rozkládá na chlorid sodný. Oxid chloričitý se rozkládá na chlorný anion a ten na chlorid sodný. Není tedy problém vypouštět zbytkové dekontaminační chemikálie do kanalizace. Nicméně existuje podezření, že chlornan sodný může svými reakcemi produkovat dioxiny. Při použití oxidu chloričitého je toto nebezpečí eliminováno. Zařízení na dekontaminaci na bázi chloru produkují emise do ovzduší pracovního prostředí, které splňují limity OSHA. Problémem může být nepříjemný zápach vznikající kolem zařízení, který ale lze odstranit vhodným systémem ventilace. (Emmanuel, 2001).

6.5.2.2.2 Na bázi oxidu vápenatého

Dekontaminační zařízení na bázi oxidu vápenatého se skládá z dekontaminační komory a dvou drtičů (Emmanuel, 2001). Kapacita zařízení se pohybuje od zhruba 160 do zhruba 900 kg. Na trhu existují i mobilní zařízení (Positive impact waste solutions, 2008). Viz obr. č. 7, 21.

Celý proces dekontaminace odpadu zařízeními na bázi oxidu vápenatého začíná vložením odpadu do primárního drtiče. Po rozdrčení je přidán oxid vápenatý a malé množství vody. Odpad je pak drcen v sekundárním drtiči, dokud jeho částice nedosáhnou předdefinované velikosti. Po rozdrčení je odpad odveden do shromažďovacího kontejneru (Positive impact waste solutions, 2008). Celý proces trvá zhruba 6 minut (Emmanuel, 2001).

Účinnost inaktivace *Bacillus stearothermophilus* a *Bacillus subtilis* dekontaminačními zařízeními na bázi oxidu vápenatého dosahuje 6 log₁₀ a vyšší a splňuje tedy limity pro kategorii III podle klasifikace STAATT (Emmanuel, 2001).

V zařízení můžou být zpracovány ostré předměty, materiály kontaminované krví a tělními tekutinami, drobný anatomický odpad, odpad z laboratoří vyjma chemikálií vykazujících nebezpečné vlastnosti, měkké odpady (gáza, obvazy, jednorázové pomůcky pro inkontinentní pacienty) (Emmanuel, 2001).

Odpad zpracovaný zařízeními na bázi oxidu vápenatého je zbaven nebezpečné vlastnosti infekčnosti, a pokud nevykazuje další nebezpečné vlastnosti, je možné ho uložit na skládku komunálního odpadu. Objem odpadu je redukován o 70% (Positive impact waste solutions, 2008). Viz obr. č. 7.

6.5.2.2.3 Na bázi ozonu

Zařízení na dekontaminaci na bázi ozonu se skládá z drtiče odpadu, dekontaminační komory a generátoru ozonu. Ozon je generován elektrickým výbojem. Kapacita zařízení se pohybuje od 100 do 200 kg odpadu na jeden cyklus (Emmanuel, 2001; Ozonator industries, 2010). Viz obr. č. 22.

Odpad je vložen do zařízení a po dosažení koncentrace ozonu 7000 - 8000 ppm je spuštěn drtič a otevřen vzduchový uzávěr mezi drtičem a dekontaminační komorou. Rozdrcený odpad potom propadáva do dekontaminační komory, kde setrvá po dobu 15 minut. Poté je dopraven do sběrných kontejnerů (Ozonator industries, 2010).

Účinnost inaktivace *Bacillus stearothermophilus* dekontaminačními zařízeními na bázi ozonu dosahuje 6 log₁₀ a více a splňuje tedy limity pro kategorii III podle klasifikace STAATT (Ozonator industries, 2010).

Dekontaminační zařízení na bázi ozonu může zpracovávat drobný anatomický odpad, krev, tělní tekutiny, ostré předměty, odpad z laboratoří vyjma chemikálií vykazujících nebezpečné vlastnosti, měkké odpady (gáza, obvazy, jednorázové pomůcky pro inkontinentní pacienty) (Ozonator industries, 2010).

Produktem zařízení na dekontaminaci odpadu na bázi ozonu je odpad zbavený nebezpečné vlastnosti infekčnosti. Pokud nevykazuje žádné další nebezpečné vlastnosti, může být uložen na skládce komunálního odpadu. Objem odpadu je redukován až o 90%. Viz obr. č. 23. Ozon použitý pro dekontaminaci se do 30 minut rozkládá zpátky na kyslík (Ozonator industries, 2010).

6.5.2.2.4 Alkalická hydrolýza

Hlavní částí zařízení na dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví na bázi alkalické hydrolýzy je ocelová nádrž s košem na nerozložitelné zbytky, recirkulační pumpou a ocelovým vnějším pláštěm (Biosafe life sciences, 2012). Kapacita zařízení se pohybuje od 5 kg do 4,5 t za cyklus. Pro využití pro odpady ze zdravotnictví se obvykle využívají zařízení s kapacitou do 1 t. Na trhu existují i mobilní zařízení (Biosafe life sciences, 2012). Viz obr. č. 24, 25, 26.

Proces alkalické hydrolýzy začíná naplněním dekontaminační komory. Potom je komora hermeticky uzavřena a naplněna potřebným množstvím dekontaminačních chemikálií. Obsah komory je promícháván recirkulační pumpou a zahříván párou vhněnou do vnějšího pláště. Teplota kapaliny v komoře je zhruba 150 °C. Po uplynutí 3 až 4 hodin se obsah komory nechává 2 až 4 chladnout a je posléze vypuštěn do kanalizace, nebo k dalšímu zpracování. Nerozložitelné zbytky jsou proprány vodou a odstraněny. Jeden cyklus tedy trvá 5 až 8 hodin. Délku cyklu ovlivňuje tlak páry ve vnějším plášti, typ, množství a velikost jednotlivých kusů zpracovávaných tkání, množství alkálie přidané do komory (Biosafe life sciences, 2012).

Účinnost inaktivace dekontaminačními zařízeními na bázi alkalické hydrolýzy dosahuje pro *Bacillus stearothermophilus* a *Bacillus subtilis* 4 log₁₀ pro ostatní mikroorganismy 6 log₁₀ a splňuje tedy limity pro kategorii III podle klasifikace STAATT (Biosafe life sciences, 2012).

Dekontaminace alkalickou hydrolýzou se hodí pro dekontaminaci druhu odpadu 18 01 02 tedy drobného anatomického odpadu, krve, tělních tekutin, částí těl, dále pak mrtvol pokusných zvířat, laboratorních vzorků, odpadu z chemoterapie, alkalickou hydrolýzou rozložitelných tkanin (Emmanuel, 2001). EU doporučuje alkalickou hydrolýzu pro dekontaminaci odpadů kontaminovaných priony (Biosafe life sciences, 2012). Pokud jsou zpracovávány materiály alkalickou hydrolýzou nerozložitelné, dojde pouze k jejich dekontaminaci (Biosafe life sciences, 2012). Neměly by ovšem být zpracovávány materiály, při jejichž reakcích s dekontaminačními chemikáliemi se můžou uvolňovat nebezpečné látky (Emmanuel, 2001).

Produktem dekontaminace alkalickou hydrolýzou je slabě alkalická nahnědlá kapalina a alkalickou hydrolýzou nerozložitelné zbytky. Viz obr. č. 27. Při obvyklém využití, tedy pro rozkládání drobného anatomického odpadu, krve, tělních tekutin, částí těl atd. jsou to zbytky kostí. Odpadní kapalina obsahuje aminokyseliny, krátké peptidy, cukry a zmýdelněné zbytky tuků (Biosafe life sciences, 2012). Může být vypuštěna do kanalizace, nebo pokud je v procesu použit hydroxid draselný, přímo využita jako hnojivo, palivo nebo po zkoncentrování jako vstupní surovina pro anaerobní digesci. Anorganické zbytky kostí lze po rozemletí využít jako hnojivo (Biosafe life sciences, 2012). Objem a hmotnost odpadu je redukována o 97 % (Biosafe life sciences, 2012).

6.5.2.2.5 Na bázi peroctové kyseliny

Odpad je sbírán do přenosné dekontaminační komory, která je po naplnění vložena do přístroje. Dekontaminační zařízení na bázi peroctové kyseliny jsou malá stolní zařízení o kapacitě 2 až 3 kg na za jeden cyklus. (Emmanuel, 2001). Viz obr. č. 28.

Kontejner je vložen do zařízení a je do něj vstříknuta peroctová kyselina. Po 10 až 12 minutách je kontejner vyjmut a jeho obsah proprán vodou. Pak je odpad oddělen od zbytku

dekontaminační chemikálie a prací vody. Dekontaminační chemikálie s prací vodou je odvedena do kanalizace (Emmanuel, 2001).

Účinnost inaktivace *Bacillus stearothermophilus* a dalších mikroorganismů dekontaminačními zařízeními na bázi peroctové kyseliny dosahuje 6 log₁₀ až 8 log₁₀ a splňuje tedy limity pro kategorii III podle klasifikace STAATT (Emmanuel, 2001).

V zařízeních na bázi peroctové kyseliny lze dekontaminovat ostré předměty, krev a tělní tekutiny, laboratorní vzorky, odpad z laboratoří (Emmanuel, 2001).

Odpad dekontaminací peroctovou kyselinou nijak nemění svůj objem. Pokud nevykazuje žádné další nebezpečné vlastnosti, může být uložen na skládku komunálního odpadu. Směs zbytku dekontaminační chemikálie a prací vody obsahuje kyselinu octovou a peroxid vodíku (Emmanuel, 2001).

6.5.2.2.5 Další zařízení chemickou dekontaminací

Na podobném principu jako dekontaminační zařízení na bázi kyseliny peroctové funguje řada dalších zařízení. Rozdíly jsou v mechanickém zpracování. Často bývají před nebo po samotné dekontaminaci řazeny drtiče (MCM environmental technologies, 2010). Další možnost mechanického zpracování spočívá v odsátí vzduchu z dekontaminační komory, vpravení dekontaminační chemikálie, zatavení obalového pytle a opětovné napuštění vzduchu do komory. V důsledku rozdílu tlaků uvnitř a vně pytle je objem pytle redukován až o 70 % (K6, 2010). Viz obr. č. 29. Jako dekontaminační chemikálie bývají použity kromě výše zmíněných např. formaldehyd (Prüss et al., 1999), dále různé směsi pod komerčními názvy například Stericid na bázi glutaraldehydu (MCM environmental technologies, 2010) a další.

6.5.2.3 Dekontaminace ozařováním

Tento způsob inaktivace mikroorganismů je spíše používán pro sterilizaci nástrojů a dalších zdravotnických materiálů. Využití ozařování k dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví je tedy spíše výjimečné. V odborné literatuře se píše o třech způsobech dekontaminace odpadů ze zdravotnictví ozařováním- ozařování gama zářením, ozařování svazkem elektronů a ozařování UV - C zářením. Čtvrtý způsob, podobný prvním dvěma, je ozařování odpadu rentgenovým zářením. O tomto způsobu se ale píše výhradně v souvislosti se sterilizací nástrojů. V současnosti lze na trhu najít výhradně zařízení určená ke sterilizaci nástrojů a dalších zdravotnických materiálů na jedno použití. Tato zařízení by ale byla vhodná i pro dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví.

Zařízení pro dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví pomocí ozařování na bázi gama záření, elektronového svazku nebo rentgenového záření by měla podobnou konstrukci jako zařízení pro

sterilizaci nástrojů a dalších zdravotnických materiálů. Skládala by se z dekontaminační komory se zdrojem záření, dopravníkového systému pro dopravu odpadu a dostatečného stínění (BGS, 2008).

Odpad by byl vložen do dekontaminační komory pomocí dopravníkového systému. Zde by proběhlo ozáření, přičemž v případě elektronového svazku a rentgenového záření by expozice trvala výrazně kratší dobu než u gama záření. Zařízení na bázi gama záření totiž produkují záření plošně (BGS, 2008).

Vzhledem k tomu, že se zařízení na tomto principu běžně používají pro sterilizaci nástrojů a dalších zdravotnických materiálů (Deither et al., 2010; BGS, 2008), měla by splňovat i limity pro dekontaminaci. Pro potvrzení účinnosti dekontaminace by ale měly být používány jiné indikátorové organismy než při potvrzování tepelné nebo chemické dekontaminace. *Bacillus subtilis* a *Bacillus stearothermophilus* jsou totiž poměrně náchylné k inaktivaci radiací a nemusely by tedy reprezentovat úbytek všech mikroorganismů. Bylo by tedy lepší použít například *Bacillus pumillus* nebo *Deinococcus radiodurans*, které odolávají radiaci lépe (Emmanuel, 2001).

Všechny tři typy výše zmiňovaných záření jsou velmi pronikavé. Je možné s nimi tedy zpracovávat stejné typy odpadů. Pro dekontaminaci elektronovým svazkem jsou jako vhodné uvedeny ostré předměty, odpad z laboratoří vyjma chemického, materiály kontaminované krví a tělními tekutinami, drobný anatomický odpad a měkké odpady (gáza, obvazy, jednorázové pomůcky pro inkontinentní pacienty atd.) (Emmanuel, 2001).

Pokud by zařízení nebylo vybaveno drtičem odpadu, byl by produktem dekontaminace ozařováním odpad objemově a hmotnostně nezměněný, zbavený nebezpečné vlastnosti infekčnosti. Pokud by nevykazoval jiné nebezpečné vlastnosti, mohl by být uložen na skládku komunálního odpadu (Emmanuel, 2001).

V následujících podkapitolách jsou uvedena některá specifika pro jednotlivé typy záření.

6.5.2.3.1 Gama záření

Gama záření je v zařízeních pro sterilizaci nástrojů a dalších zdravotnických materiálů produkováno zářičem z kobaltu 60. Nevýhodou tohoto způsobu generace je jednak, že záření působí plošně a není tedy ve srovnání s ostatními dvěma typy záření tak efektivní a jednak fakt, že se po skončení procesu sterilizace, případně dekontaminace nedá vypnout. Hrozí tedy nebezpečí úniku zbytkové radiace po skončení sterilizačního případně dekontaminačního cyklu (Emmanuel, 2001). Výhodou gama záření je jeho vysoká pronikavost ve srovnání s elektronovým svazkem. Bylo by jím tedy možné dekontaminovat větší množství odpadu najednou (Deither et al., 2010).

6.5.2.3.2 Elektronový svazek

Elektronový svazek má oproti gama záření a rentgenovému záření nevýhodu v menší pronikavosti (Deither et al. 2010). Na druhou stranu lze po sterilizačním, případně dekontaminačním cyklu vypnout a navíc lze svazek dobře směřovat (Emmanuel, 2001).

6.5.2.3.3 Rentgenové záření

Zařízení na bázi rentgenového záření kombinuje výhody obou předchozích metod. Je velmi pronikavé, jeho paprsek lze dobře směřovat a po proběhnutí sterilizačního případně dekontaminačního cyklu lze vypnout (Deither et al., 2010).

6.5.2.3.4 UV záření

Dekontaminace UV zářením se používá spíše jako doplňková metoda k ostatním způsobům dekontaminace například při dekontaminaci povrchu drtičů (Emmanuel, 2001).

6.5.2.4 Dekontaminace biologickými procesy

Dekontaminační zařízení využívající biologické procesy jsou spíše ve fázi výzkumu (Emmanuel, 2001). Na trhu nelze najít žádné praktické aplikace.

6.5.2.4.1 Na bázi enzymů

Zařízení na dekontaminaci odpadů ze zdravotnictví na bázi enzymů by se mělo z drtiče, dekontaminační nádrže s enzymy a separátoru, ve kterém by byl tuhý odpad oddělen od tekutého. Zamýšlená kapacita by měla být 10 tun za den (Emmanuel, 2001).

Dekontaminační cyklus by měl probíhat následovně: Odpad by byl rozdrcen a ponořen do dekontaminační nádrže se směsí enzymů. V nádrži by setrval po dobu potřebnou k inaktivaci mikroorganismů. Potom by byl tekutý odpad vypuštěn do kanalizace a pevný do shromažďovacích kontejnerů (Emmanuel, 2001).

Účinnost, typy odpadů pro které je tato metoda vhodná ani vzhled produktu zařízení nebyly doposud definovány.

6.5.2.4.2 Vermikompostování

Ve fázi výzkumu je také zpracování biologicky rozložitelného odpadu ze zdravotnictví pomocí vermikompostování. Bylo zjištěno, že po 15 až 18 týdnech setrvání odpadu v kompostéru, který obsahoval dávku biologicky rozložitelného odpadu a žížaly druhu *Eisenia fetida* a *Edurilus eugeniae* byly nahrazeny bakterie druhu *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus* a *Pseudomona pyocyaneae* bakteriemi rodu *Citrobacter* a dalšími bakteriemi běžně se vyskytujícími v půdě (Mathur et al., 2006). Viz obr. č. 30.

6.6 Odstraňování

Dekontaminací odpadu ze zdravotnictví se sice eliminuje nebezpečná vlastnost infekčnost, ale k definitivnímu odstranění odpadu je potřeba udělat ještě další kroky. Navíc u odpadů ze zdravotnictví spadajících pod druhy 18 01 06 (Nebezpečné chemikálie) 18 01 08 (Nepoužitelná cytostatika), 18 01 09 (Nepoužitelná léčiva) a 18 01 10 (Odpadní amalgám ze stomatologické péče) přetrvávají další nebezpečné vlastnosti, případně hrozí riziko zneužití. Je tedy potřeba je také nějak zpracovat. V následujících podkapitolách jsou uvedeny různé způsoby odstraňování odpadů ze zdravotnictví. U každého z nich je, podobně jako v kapitole 6.5, nastíněno konstrukční řešení, proces odstranění, typy odpadů, pro které je vhodný a popsány jeho produkty. Vše je pro lepší představu doplněno obrázky konkrétních zařízení.

6.6.1 Spalování

WHO doporučuje pro spalování odpadu ze zdravotnictví budťo spalovny s dvoukomorovým spalováním, nebo spalovny s rotační pecí. Spalovny s jednokomorovým spalováním by měly být použity pouze v případě, že není možné, například kvůli absenci infrastruktury nebo z finančních důvodů, použít spalovny dvoukomorové nebo s rotační pecí. Takové podmínky se ale ve členských státech EU vyskytují zcela výjimečně, tudíž se tato práce jednokomorovým spalováním nebude zabývat. Spalovny s dvoukomorovým spalováním se, jak už z názvu vyplývá, skládají ze dvou spalovacích komor. V první komoře dochází ke zplyňování odpadu, ve druhé hoří plyny produkované první komorou. Spalovny s rotační pecí se skládají rovněž ze dvou komor s tím rozdílem, že první komora je válcovitého tvaru a při spalování se otáčí kolem podélné osy. Důležité je, aby byl do spalovacích komor zaveden dostatečný přívod spalovacího vzduchu. Na spalovací komory navazuje u větších zařízení zařízení na čištění spalín. Spaliny je potřeba zbavit pevných částic, kyselin jako kyseliny fluorovodíkové, chlorovodíkové a sírové, případně zásad, těžkých kovů a dioxinů. K odstraňování pevných částic jsou používány cyklony, tkaninové filtry a elektrostatické odlučovače. Kyseliny respektive zásady mohou být odstraňovány sprchováním vápennou suspenzí respektive roztokem kyseliny v pračce plynů, vstřikováním vápenné suspenze respektive kyselého roztoku do sloupce kouře případně rozptylováním namletého vápence do sloupce kouře. První ze způsobů je nejefektivnější (Prüss et al., 1999). Těžké kovy a dioxiny jsou odstraňovány speciálními filtry (Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov a.s., 2008). Spalovny s dvoukomorovým spalováním mívají kapacitu od 200 kg do 10 t spáleného odpadu za den, přičemž většina nepřesahuje kapacitu 1t za den. Spalovny s rotační pecí mívají kapacitu od 500 kg do 3 t spáleného odpadu za den (Prüss et al., 1999). Viz obr. č. 31.

Při spalování zdravotnického odpadu nelze, jako tomu bývá ve spalovnách komunálního odpadu, použít pro nakládání odpadu do spalovací komory jeřábu. Hrozí, že by se mohly poškodit obaly odpadu a dojít k úniku nebezpečných látek do prostoru spalovny. Odpad nesmí být před

spálením ve větší míře ani shromažďován. Je tedy rovnou přikládán do první spalovací komory. Doba setrvání odpadu v komoře by měla být nejméně 1 hodina. Teplota v první komoře by se měla pohybovat mezi 800 až 900°C. Nespálené zbytky padají ve formě škváry pod rošt první spalovací komory. Plyny vzniklé spalováním v první komoře odcházejí do komory druhé, kde se dále spalují za teploty 900 až 1200°C po dobu nejméně 2 s. v případě spalovny s rotační spalovací komorou se teploty pohybují od 1200 do 1600°C (Prüss et al., 1999).

Ve spalovnách s dvoukomorovým spalováním je možné odstraňovat infekční odpad, ostré předměty, drobný anatomický odpad a malá množství chemikálií a nepoužitelných léčiv. Obsah chemikálií a nepoužitelných léčiv nesmí přesáhnout 5% objemu odpadu ve spalovací komoře. Ve spalovnách s rotačními spalovacími komorami lze odstraňovat infekční odpad, ostré předměty, drobný anatomický odpad, chemikálie, nepoužitelná léčiva a cytostatika. Ve spalovnách s dvoukomorovým spalováním by se neměly odstraňovat odpady obsahující halogenované plasty např. PVC, těžké kovy, radioaktivní látky, cytostatika a nádoby se stlačeným plynem. Ve spalovnách s rotační spalovací komorou by neměly být odstraňovány odpady obsahující těžké kovy, radioaktivní látky a nádoby se stlačeným plynem (Prüss et al., 1999).

Hlavním produktem spalování je popel. V průběhu spalování je objem odpadu redukován o 90%, hmotnost o 75% (Liu et al., 1996) a ztrácí nebezpečnou vlastnost infekčnost. Popel ze spalovny zdravotnických odpadů může být uložen na takový typ skládky, pro jaký splňuje kritéria vyluhovatelnosti. Kritické bývají hodnoty pH, koncentrace Zn a obsah rozpuštěných látek. Většinou to bývají parametry pro třídu vyluhovatelnosti III (BIJO T. C., 2000) a popel ze spaloven odpadu ze zdravotnictví tedy bývá uložen na skládce nebezpečných odpadů. Pro představu o parametrech typického vodného výluhu z popele ze spalovny odpadů ze zdravotnictví viz tabulku č. 7. Dalším produktem spalování odpadů ze zdravotnictví je popílek vzniklý čištěním spalin. Většinou také splňuje parametry vyluhovatelnosti pro kategorii III a také bývá uložen na skládce nebezpečných odpadů. Kritickými parametry bývají koncentrace Zn, Hg a rozpuštěných látek (BIJO T. C., 2000). Pro představu o parametrech typického vodného výluhu z popílku ze spalovny odpadů ze zdravotnictví viz tabulku č. 8. Spalovna odpadů ze zdravotnictví produkuje také kontaminované prací vody, které mívají vysoký obsah HF, HCl, oxidů síry, Hg, Zn, Pb, Se a některých halogenovaných organických sloučenin (BIJO T. C., 2000). Asi nejvíce diskutovaným produktem spalovny odpadů ze zdravotnictví jsou plynné emise uvolňované do ovzduší. Překročení limitů hrozí zejména u emisí oxidu uhelnatého, chlorovodíku, těžkých kovů jako rtuti, olova, arsenu a kadmia, dioxinů a furanů (Hossain et al., 2011). Obsah emisí výše zmíněných látek ale záleží na složení páleného odpadu. Je proto důležité odpad důsledně třídit a vyvarovat se tak spalování látek obsahujících prekurzory těchto polutantů, jako je např. PVC (Alvim-Ferraz, Afonso, 2003). Nicméně po zařazení příslušných filtrů by emise měly splňovat zákonné limity (Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov a.s., 2008; Hossain et al., 2011). Teplo produkované

spalováním odpadu lze využít k výrobě elektrické energie, produkci tepla pro vytápění nebo přehřívání odpadu před spálením (Prüss et al., 1999).

6.6.2 Rozklad plazmovým obloukem

Zařízení na odstraňování odpadu plazmovým obloukem jsou v současné době ve fázi vývoje. Jsou zkoušena zařízení na odstraňování různých druhů odpadu od komunálního až po nebezpečný (Yang, 2011). Několik aplikací bylo například uskutečněno při odstraňování armádního radioaktivního odpadu (MSE Technology Applications, 2011), ale také při odstraňování odpadu ze zdravotnictví (Government of India Department of atomic energy, 2003). Hlavní částí zařízení je reaktor s plazmovým obloukem. Plazma je tvořeno elektrickým obloukem, tedy průchodem střídavého nebo stejnosměrného elektrického proudu mezi dvěma elektrodami. Skrz oblouk proudí do kontejneru s odpadem pod tlakem inertní plyn o teplotě zprvu v oblouku až 13 900 °C později v kontejneru s odpadem zhruba 2700 až 4500 °C (Yang, 2011). Kromě reaktoru s plazmovým obloukem sestává zařízení případně i z předřazeného drtiče, zařízení pro výrobu energie a zařízení pro čištění spalin (Emmanuel, 2001). Viz obr. č. 32.

Na začátku procesu odstranění může být odpad nadrcen, pak je vložen do reaktoru s plazmovým obloukem, kde je rozložen. Vzniklý plyn je odváděn k energetickému využití a zuhelnatělé pevné zbytky k dalšímu zpracování (Emmanuel, 2001).

Díky vysokým teplotám je možné plazmovým obloukem rozkládat téměř všechny odpad ze zdravotnictví, vyjma radioaktivního (Emmanuel, 2001).

Produktem rozkladu plazmovým obloukem je jednak tzv. vodní plyn a jednak zuhelnatělé pevné zbytky. Vodní plyn, který vzniká rozkladem odpadů ze zdravotnictví, obsahuje H_2 , CO a malé podíly CH_4 a CO_2 . Plyn lze využít pro výrobu energie. Jeho výhřevnost se podle konkrétního složení rozkládaného odpadu pohybuje od 4 do 9 $MJ \cdot m^{-3}$. Zuhelnatělé zbytky obsahují podle složení rozkládaného odpadu různý podíl uhlíku. Lze je využít buďto jako palivo nebo po úpravě jako plnidlo při výrobě pneumatik (Huang, Tang, 2007). V případě, že odpad obsahuje vyšší podíl skla a kovů, vzniká pevná struska, kterou lze buďto uložit na skládky komunálního odpadu, nebo podle některých výrobců zařízení na rozklad odpadu ze zdravotnictví plazmovým obloukem využít místo drceného kameniva na podklad silnic. Redukce objemu odpadu dosahuje 90 až 95% a hmotnosti až 90% (Emmanuel, 2001). Viz obr. č. 33.

6.6.3 Enkapsulace a solidifikace

Cílem enkapsulace a solidifikace je imobilizace a snížení vyluhovatelnosti různých druhů odpadu (Emmanuel, 2001). Obě metody jsou používány najednou. To znamená, že odpad je uzavřen do nepropustných nádob, např. plastových boxů nebo plechových sudů a je do něj vpraven solidifikační

prostředek. Jako solidifikačních prostředků se užívá cementu, různých plastových pěn, bitumenů nebo jílu (Prüss et al., 1999). Některé ze solidifikačních prostředků mají, podle výrobců, i antimikrobiální účinky. Jejich účinnost však ještě nebyla dostatečně prokázána (Státní zdravotní ústav, 2008).

Enkapsulací a solidifikací jsou odstraňována nepoužitá léčiva, chemický odpad, ostré předměty (Prüss et al., 1999), kapalný odpad (Mikrotek medical, 2010).

Produktem enkapsulace a solidifikace jsou uzavřené nádoby s odpadem v pevném skupenství. Odpad je možné, podle třídy vyluhovatelnosti, uložit na příslušnou skládku nebo spálit (Prüss et al., 1999). Viz obr. č. 34.

6.6.4 Skládkování

Přímé skládkování odpadu ze zdravotnictví je zakázáno. Odpad musí být nejprve upraven některou z výše zmíněných metod tak, aby nevykazoval nebezpečnou vlastnost infekčnost. Následně může být uložen podle třídy vyluhovatelnosti na příslušný typ skládky.

Technické vybavení skládek se liší podle typu skládky. Viz tabulku č. 2, 3, 4. Nepropustnosti podloží skládky bývá dosaženo navezením a zhutněním málo propustných zemin a instalací nepropustné geomembrány. Skládka musí dále mít vhodný systém odvodu odpadní vody a skládkového plynu (Liu et al., 1996). Viz obr. č. 35.

7. Analýza současné situace

Tato kapitola stručně popisuje současnou situaci v produkci a nakládání s odpadem ze zdravotnictví v jednotlivých zemích EU. Je rozdělena na část zabývající se produkcí odpadu, část o efektivitě zdravotní péče z hlediska produkce odpadů a část zabývající se úpravou a odstraňováním odpadů. Data použitá v tabulkách jsou převzata ze stránek Eurostatu. Bohužel časová řada dat je velmi krátká (6 let) a tak nelze s úplnou jistotou usuzovat na klesavé či stoupavé tendence. Problémem je také značná nekompletnost dat. Například odpady ze zdravotnictví v České republice mají být podle zákona evidovány, ovšem často tomu tak není (Zimová, 2010). Kromě toho se data z jednotlivých zdrojů značně odlišují. Například pro data o produkci odpadů ze zdravotnictví v České republice v roce 2006 se uvádějí tři různé hodnoty: 24 415,2 t (Zimová, 2010), 18 841 t (CENIA, 2009) a 19 686 (Eurostat, 2012).

7.1 Produkce odpadů ze zdravotnictví

V produkci odpadů ze zdravotnictví lze najít jak stoupající tak klesající tendence. V 18 z 27 zemí EU se množství produkováných odpadů zvyšuje, v 6 se snižuje v 1 stagnuje a ve 2 nelze tendenci určit. Celkově v EU množství produkováných odpadů spíše roste. Skokové nárůsty a poklesy množství odpadů jsou pravděpodobně dány změnou legislativy nebo podstatnými nepřesnostmi evidence.

Tendence podílu nebezpečných odpadů v odpadech ze zdravotnictví je v 17 z 27 zemí stoupavá, v 8 klesavá a ve 2 případech stagnuje. Výrazné výkyvy jsou pravděpodobně také způsobeny změnou legislativy nebo nepřesnostmi evidence. Pro více informací viz tabulky č. 11 až 16.

Produkce odpadů ze zdravotnictví v Irsku je, podle Eurostatu, vzhledem k počtu obyvatel velmi nízká. Je proto vhodné ji z bližších úvah vyloučit.

Tabulka č. 11 Produkce odpadů ze zdravotnictví v zemích EU v tunách

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Belgie | 75 355 | 123 377 | 88 151 |
| Bulharsko | 2 304 | 1 572 | 3 545 |
| Česká republika | 19 837 | 19 686 | 26 700 |
| Dánsko | 5 967 | 13 232 | 7 120 |
| Estonsko | 5 046 | 3 117 | 2 503 |
| Finsko | 12 797 | 5 962 | 4 520 |
| Francie | 139 660 | 124 310 | 139 190 |
| Irsko | 680 | 220 | 183 |
| Itálie | 136 924 | 140 895 | 142 537 |
| Kypr | 2 432 | 411 | 500 |
| Litva | 452 | 779 | 904 |
| Lotyšsko | 320 | 3 553 | 7 144 |
| Lucembursko | 319 | 321 | 402 |
| Maďarsko | 75 155 | 41 531 | 32 560 |
| Malta | 362 | 365 | 365 |
| Německo | 178 357 | 204 937 | 251 977 |
| Nizozemsko | 6 462 | 9 880 | 12 961 |
| Polsko | 22 854 | 29 814 | 44 596 |
| Portugalsko | 29 589 | 241 632 | 86 984 |
| Rakousko | 60 954 | 25 822 | 64 989 |
| Rumunsko | 17 572 | 17 190 | 43 122 |
| Řecko | 73 212 | 73 000 | 17 403 |
| Slovensko | 32 850 | 52 029 | 59 626 |
| Slovinsko | 2 807 | 14 215 | 12 114 |
| Spojené království | 443 781 | 560 017 | 583 841 |
| Španělsko | 440 514 | 652 445 | 419 777 |
| Švédsko | 23 362 | 12 262 | 12 437 |
| EU celkem | 1 809 924 | 2 372 574 | 2 066 151 |

Zdroj: Eurostat

Tabulka č. 12 Produkce nebezpečných odpadů ze zdravotnictví v zemích EU v tunách

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Belgie | 20 744 | 19 716 | 14 803 |
| Bulharsko | 901 | 995 | 1 909 |
| Česká republika | 18 528 | 18 802 | 25 025 |
| Dánsko | 5 561 | 12 939 | 6 091 |
| Estonsko | 218 | 37 | 254 |
| Finsko | 5 764 | 5 689 | 4 487 |
| Francie | 94 440 | 93 990 | 85 590 |
| Irsko | 194 | 91 | 65 |
| Itálie | 133 600 | 139 783 | 140 166 |
| Kypr | 843 | 312 | 496 |
| Litva | 262 | 518 | 759 |
| Lotyšsko | 316 | 482 | 5 053 |
| Lucembursko | 305 | 303 | 367 |
| Maďarsko | 71 583 | 26 874 | 24 777 |
| Malta | 362 | 365 | 365 |
| Německo | 12 700 | 6 526 | 10 116 |
| Nizozemsko | 6 352 | 9 263 | 8 979 |
| Polsko | 18 398 | 25 251 | 38 609 |
| Portugalsko | 13 096 | 199 025 | 44 072 |
| Rakousko | 1 834 | 9 065 | 8 714 |
| Rumunsko | 17 572 | 14 842 | 12 977 |
| Řecko | 14 600 | 14 600 | 17 403 |
| Slovensko | 29 640 | 43 200 | 52 919 |
| Slovinsko | 916 | 12 630 | 9 777 |
| Spojené království | 269 405 | 358 097 | 365 041 |
| Španělsko | 181 159 | 150 546 | 79 298 |
| Švédsko | 3 635 | 3 762 | 3 976 |
| EU celkem | 922 928 | 1 167 703 | 962 088 |

Zdroj: Eurostat

**Tabulka č. 13 Produkce odpadů ze zdravotnictví
nevykazujících nebezpečné vlastnosti v zemích EU v
tunách**

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Belgie | 54 611 | 103 661 | 73 348 |
| Bulharsko | 1 403 | 577 | 1 636 |
| Česká republika | 1 309 | 884 | 1 675 |
| Dánsko | 406 | 293 | 1 029 |
| Estonsko | 4 828 | 3 080 | 2 248 |
| Finsko | 7 033 | 273 | 33 |
| Francie | 45 220 | 30 320 | 53 600 |
| Irsko | 486 | 129 | 117 |
| Itálie | 3 324 | 1 112 | 2 370 |
| Kypr | 1 589 | 99 | 4 |
| Litva | 190 | 261 | 145 |
| Lotyšsko | 4 | 3 071 | 2 091 |
| Lucembursko | 14 | 18 | 35 |
| Maďarsko | 3 572 | 14 657 | 7 783 |
| Malta | 0 | 0 | 0 |
| Německo | 165 657 | 198 411 | 241 861 |
| Nizozemsko | 110 | 617 | 3 982 |
| Polsko | 4 456 | 4 563 | 5 987 |
| Portugalsko | 16 493 | 42 607 | 42 912 |
| Rakousko | 59 120 | 16 757 | 56 274 |
| Rumunsko | 0 | 2 348 | 30 145 |
| Řecko | 58 612 | 58 400 | 0 |
| Slovensko | 3 210 | 8 829 | 6 707 |
| Slovinsko | 1 891 | 1 585 | 2 337 |
| Spojené království | 174 376 | 201 920 | 218 800 |
| Španělsko | 259 355 | 501 899 | 340 479 |
| Švédsko | 19 727 | 8 500 | 8 461 |
| EU celkem | 886 996 | 1 204 871 | 1 104 059 |

Zdroj: Eurostat

Tabulka č. 14 Produkce odpadů ze zdravotnictví v zemích EU v kilogramech na obyvatele

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Belgie | 7 | 12 | 8 |
| Bulharsko | 0 | 0 | 0 |
| Česká republika | 2 | 2 | 3 |
| Dánsko | 1 | 2 | 1 |
| Estonsko | 4 | 2 | 2 |
| Finsko | 2 | 1 | 1 |
| Francie | 2 | 2 | 2 |
| Irsko | 0 | 0 | 0 |
| Itálie | 2 | 2 | 2 |
| Kypr | 3 | 1 | 1 |
| Litva | 0 | 0 | 0 |
| Lotyšsko | 0 | 2 | 3 |
| Lucembursko | 1 | 1 | 1 |
| Maďarsko | 7 | 4 | 3 |
| Malta | 1 | 1 | 1 |
| Německo | 2 | 2 | 3 |
| Nizozemsko | 0 | 1 | 1 |
| Polsko | 1 | 1 | 1 |
| Portugalsko | 3 | 23 | 8 |
| Rakousko | 7 | 3 | 8 |
| Rumunsko | 1 | 1 | 2 |
| Řecko | 7 | 7 | 2 |
| Slovensko | 6 | 10 | 11 |
| Slovinsko | 1 | 7 | 6 |
| Spojené království | 7 | 9 | 10 |
| Španělsko | 10 | 15 | 9 |
| Švédsko | 3 | 1 | 1 |
| EU celkem | 4 | 5 | 4 |

Zdroj: Eurostat

Tabulka č. 15 Produkce nebezpečných odpadů ze zdravotnictví v zemích EU kilogramech na obyvatele

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| Belgie | 2 | 2 | 1 |
| Bulharsko | 0 | 0 | 0 |
| Česká republika | 2 | 2 | 2 |
| Dánsko | 1 | 2 | 1 |
| Estonsko | 0 | 0 | 0 |
| Finsko | 1 | 1 | 1 |
| Francie | 2 | 1 | 1 |
| Irsko | 0 | 0 | 0 |
| Itálie | 2 | 2 | 2 |
| Kypr | 1 | 0 | 1 |
| Litva | 0 | 0 | 0 |
| Lotyšsko | 0 | 0 | 2 |
| Lucembursko | 1 | 1 | 1 |
| Maďarsko | 7 | 3 | 2 |
| Malta | 1 | 1 | 1 |
| Německo | 0 | 0 | 0 |
| Nizozemsko | 0 | 1 | 1 |
| Polsko | 0 | 1 | 1 |
| Portugalsko | 1 | 19 | 4 |
| Rakousko | 0 | 1 | 1 |
| Rumunsko | 1 | 1 | 1 |
| Řecko | 1 | 1 | 2 |
| Slovensko | 6 | 8 | 10 |
| Slovinsko | 0 | 6 | 5 |
| Spojené království | 4 | 6 | 6 |
| Španělsko | 4 | 3 | 2 |
| Švédsko | 0 | 0 | 0 |
| EU celkem | 2 | 2 | 2 |

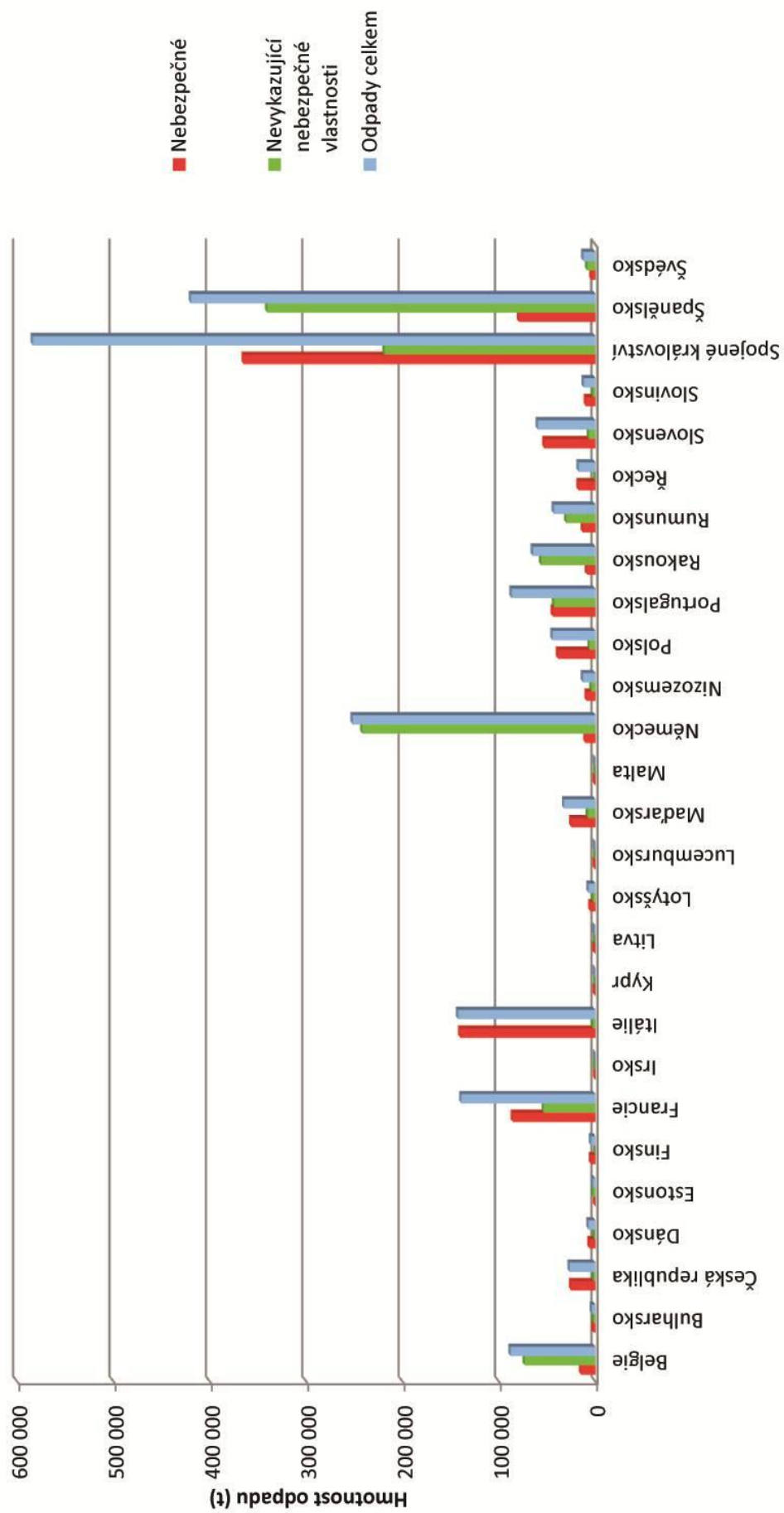
Zdroj: Eurostat

**Tabulka č. 16 Produkce odpadů ze zdravotnictví
nevykazujících nebezpečné vlastnosti v zemích EU v
kilogramech na obyvatele**

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|--------------------|------|------|------|
| Belgie | 5 | 10 | 7 |
| Bulharsko | 0 | 0 | 0 |
| Česká republika | 0 | 0 | 0 |
| Dánsko | 0 | 0 | 0 |
| Estonsko | 4 | 2 | 2 |
| Finsko | 1 | 0 | 0 |
| Francie | 1 | 0 | 1 |
| Irsko | 0 | 0 | 0 |
| Itálie | 0 | 0 | 0 |
| Kypr | 2 | 0 | 0 |
| Litva | 0 | 0 | 0 |
| Lotyšsko | 0 | 1 | 1 |
| Lucembursko | 0 | 0 | 0 |
| Maďarsko | 0 | 1 | 1 |
| Malta | 0 | 0 | 0 |
| Německo | 2 | 2 | 3 |
| Nizozemsko | 0 | 0 | 0 |
| Polsko | 0 | 0 | 0 |
| Portugalsko | 2 | 4 | 4 |
| Rakousko | 7 | 2 | 7 |
| Rumunsko | 0 | 0 | 1 |
| Řecko | 5 | 5 | 0 |
| Slovensko | 1 | 2 | 1 |
| Slovinsko | 1 | 1 | 1 |
| Spojené království | 3 | 3 | 4 |
| Španělsko | 6 | 11 | 7 |
| Švédsko | 2 | 1 | 1 |
| EU celkem | 2 | 2 | 2 |

Zdroj: Eurostat

Množství odpadu v zemích EU za rok 2008 v tunách

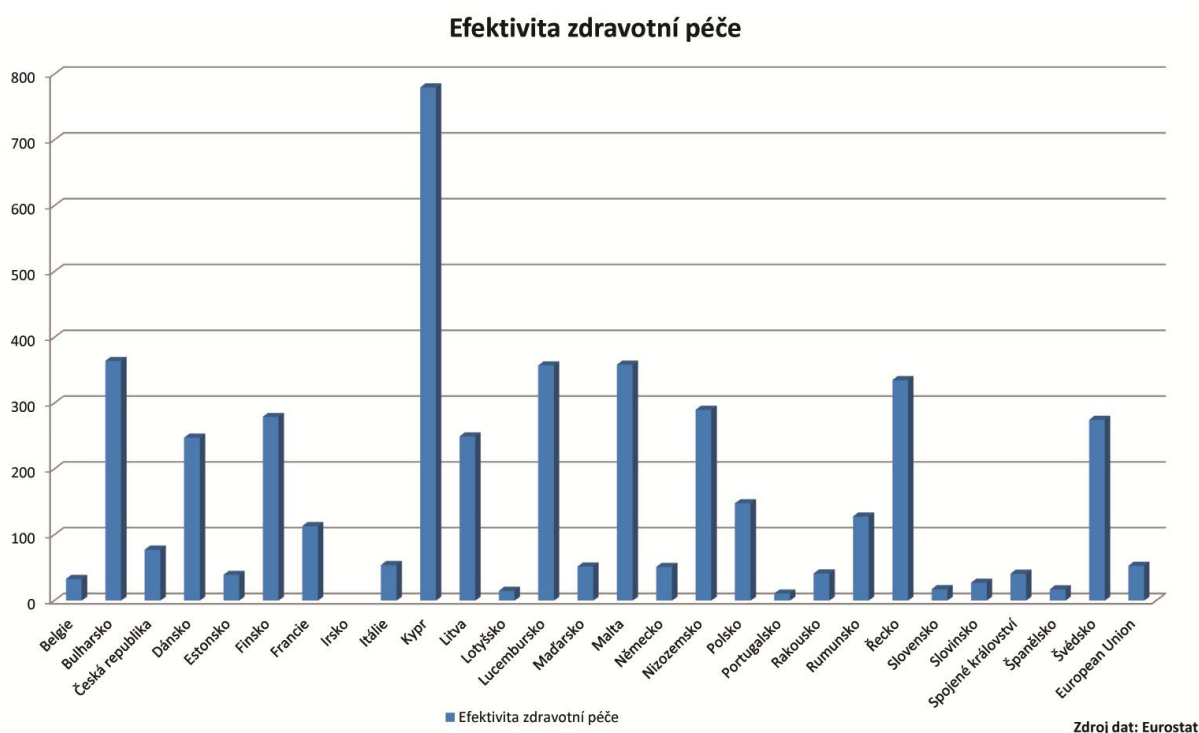


Zdroj: Eurostat

7.2 Efektivita zdravotní péče

Nabízí se otázka jaký je vztah mezi efektivitou zdravotní péče a množstvím vyprodukovaného odpadu. Tedy jestli systém zdravotnické péče v jedné zemi nevyprodukuje při udržování občanů v dobrém zdravotním stavu víc odpadu než systém zemí jiných.

Tento ukazatel byl zkonstruován na základě množství vyprodukovaného odpadu v roce 2008 a ukazatele Self-perceived health za rok 2008 převzatého z EU -SILC (EU - Statistics on Income and Living Condition). Při konstrukci ukazatele Self-perceived health je reprezentativnímu vzorku obyvatel položena otázka, jak vnímají svůj zdravotní stav. Odpovídá se na pětibodové stupnici od velmi špatného a špatného přes ucházející až po dobrý a velmi dobrý. Je předpokladem, že systém zdravotní péče má za cíl udržet občany státu ve velmi dobrém zdravotním stavu. Ukazatel efektivity zdravotní péče je vypočítán vydělením počtu obyvatel země ve velmi dobrém zdravotním stavu v roce 2008 množstvím vyprodukovaného odpadu ze zdravotnictví za rok 2008. Čím vyšší hodnotu ukazatel má, tím vyšší je efektivita systému zdravotní péče ve vztahu k produkci odpadů v dané zemi. Otázkou ovšem stále zůstává, jaká je kvalita dat týkajících se produkce odpadů. Z hodnocení bylo vyloučeno Irsko, kvůli extrémně nízkým hodnotám produkce odpadu.



7.3 Úprava a odstraňování odpadů ze zdravotnictví

Situace v oblasti odstraňování odpadů ze zdravotnictví se v zemích EU značně liší. Ve Švédsku a Dánsku jsou odpady nejdříve upraveny dekontaminací v autoklávech a potom páleny ve spalovnách komunálního odpadu. Ve Finsku jsou rovněž upraveny autoklávy, pak jsou ale spalovány v menších spalovnách (Sunqvist, 2011). V Německu je většina infekčního odpadu dekontaminována autoklávy nebo zařízeními na bázi mikrovln, drcena a ukládána na skládky. Jen malá část je pálena ve spalovnách odpadu ze zdravotnictví. Na území Německa fungují 2 taková zařízení. Odpady ze zdravotnictví nevykazující nebezpečné vlastnosti jsou rovnou ukládány na skládky (Gleis, 2011). Ve Skotsku je pálen vysoce infekční odpad, nebezpečné chemikálie, nevyužitelná léčiva, anatomický odpad a odpadní amalgám ze stomatologické péče. Ostatní odpady jsou dekontaminovány teplem a uloženy na skládku (Walker, 2011). Ve Slovinsku, se většina odpadu zpracovává nespalovacími technologiemi, hlavně autoklávy (Petrлік, Petrova, 2008). Stejně je tomu ve Španělsku a Portugalsku (Retamero, 2010). V Lucembursku, jak vyplývá z e-mailové komunikace s tamním ministerstvem zdravotnictví, nemají žádné zařízení na úpravu nebo odstraňování odpadů ze zdravotnictví. Všechny odpad odvázejí ke spálení do Belgie, Francie nebo Německa. V Litvě podle e-mailové komunikace s litevským ministerstvem zdravotnictví jsou infekční odpady, ostré předměty a pomůcky na jedno použití dekontaminovány pomocí autoklávů, zařízení na chemickou dekontaminaci, zařízeními na dekontaminaci na bázi mikrovln nebo páleny. Nevyužitá léčiva jsou vždy pálena. Každopádně lze v oblasti zaznamenat tendenci k nahrazování spalovacích technologií nespalovacími. V souvislosti se zprísněním limitů pro vypouštění emisí škodlivých látek do ovzduší, bylo u řady spaloven nutné provést technologické úpravy. V důsledku úprav stouply náklady na odstraňování odpadů ze zdravotnictví spalováním. Některé spalovny se staly z ekonomického hlediska neudržitelnými a byly nahrazeny alternativními zařízeními na odstraňování odpadů ze zdravotnictví. Například v Řecku došlo po vyhlášení speciální legislativy pro oblast odpadů ze zdravotnictví v roce 2003 k zavírání spaloven a spouštění provozů využívajících dekontaminaci vodní parou (Sanida et al., 2010). Bohužel data týkající se způsobů odstraňování odpadů ze zdravotnictví jsou dostupná ve velmi malém množství.

V České republice je většina odpadů ze zdravotnictví spalována ve spalovnách odpadů ze zdravotnictví (Římanová, Zimová, 2002). V oblasti nespalovacích technologií na odstraňování odpadu ze zdravotnictví lze ale výše zmíněnou tendenci zaznamenat také. V roce 2007 bylo na území ČR 10 dekontaminačních zařízení z toho 7 v provozu. O rok později počet těchto zařízení stoupl na 20 z toho 11 v provozu. Jednalo se o 6 zařízení na chemickou dekontaminaci, 4 zařízení na dekontaminaci mikrovlnným zářením a 1 autokláv (Státní zdravotní ústav, 2008).

Jak už bylo výše zmíněno, největší část odpadů ze zdravotnictví je odstraňována spalováním. Podle Evropské legislativy by spalování s využitím energie mělo mít přednost před spalováním bez využití energie. Data v tabulkách č. 17, 18 a 19. ovšem naznačují spíše opak. Z dat plynou jak klesající

trendy v energetickém využití, například u Francie, České republiky, Itálie a Spojeného království tak i stoupavé například u Německa nebo Švédska. Otázkou ovšem stále zůstává, jaká je kvalita dat týkajících se nakládání s odpady.

**Tabulka č. 17 Odstraňování odpadů ze zdravotnictví
spalováním v tunách**

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Belgie | 53 926 | 31 445 | 69 441 |
| Bulharsko | 1 615 | 1 789 | 81 |
| Česká republika | 12 835 | 16 446 | 23 026 |
| Dánsko | 2 575 | 9 669 | 2 731 |
| Estonsko | 19 | 2 | 43 |
| Finsko | 271 | 261 | 348 |
| Francie | 155 000 | 126 800 | 132 898 |
| Irsko | 0 | 0 | 0 |
| Itálie | 149 020 | 113 780 | 134 141 |
| Kypr | 0 | 0 | 0 |
| Litva | 253 | 24 | 687 |
| Lotyšsko | 274 | 268 | 13 |
| Lucembursko | 0 | 0 | 0 |
| Maďarsko | 9 686 | 6 683 | 5 255 |
| Malta | 0 | 0 | 260 |
| Německo | 121 687 | 189 412 | 242 084 |
| Nizozemsko | 6 997 | 3 393 | 6 029 |
| Polsko | 17 292 | 21 969 | 26 339 |
| Portugalsko | 19 046 | 23 582 | 9 059 |
| Rakousko | 56 955 | 61 000 | 1 038 |
| Rumunsko | 89 | 3 | 12 542 |
| Řecko | 0 | 13 350 | 4 424 |
| Slovensko | 20 420 | 20 759 | 43 996 |
| Slovinsko | 3 110 | 10 667 | 3 918 |
| Spojené království | 438 724 | 156 137 | 162 536 |
| Španělsko | 40 911 | 35 630 | 85 593 |
| Švédsko | 3 464 | 6 106 | 5 751 |
| EU celkem | 1 114 169 | 849 175 | 972 233 |

Zdroj: Eurostat

**Tabulka č. 18 Odstraňování odpadů ze zdravotnictví
spalováním s využitím energie v tunách**

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Belgie | 0 | 0 | 0 |
| Bulharsko | 0 | 0 | 0 |
| Česká republika | 4 629 | 4 105 | 3 540 |
| Dánsko | 0 | 9 669 | 2 731 |
| Estonsko | 1 | 1 | 43 |
| Finsko | 0 | 0 | 0 |
| Francie | 118 000 | 55 000 | 46 507 |
| Irsko | 0 | 0 | 0 |
| Itálie | 29 770 | 2 | 0 |
| Kypr | 0 | 0 | 0 |
| Litva | 213 | 0 | 0 |
| Lotyšsko | 162 | 114 | 0 |
| Lucembursko | 0 | 0 | 0 |
| Maďarsko | 242 | 0 | 57 |
| Malta | 0 | 0 | 0 |
| Německo | 20 482 | 52 419 | 82 160 |
| Nizozemsko | 0 | 0 | 0 |
| Polsko | 1 775 | 0 | 753 |
| Portugalsko | 0 | 692 | 0 |
| Rakousko | 0 | 0 | 0 |
| Rumunsko | 89 | 0 | 0 |
| Řecko | 0 | 0 | 0 |
| Slovensko | 50 | 164 | 852 |
| Slovinsko | 3 084 | 10 645 | 3 861 |
| Spojené království | 212 563 | 0 | 1 |
| Španělsko | 31 888 | 32 121 | 1 577 |
| Švédsko | 3 243 | 5 127 | 5 127 |
| EU celkem | 426 191 | 170 059 | 147 209 |

Zdroj: Eurostat

**Tabulka č. 18 Odstraňování odpadů ze zdravotnictví
spalováním bez využití energie v tunách**

| Země/Rok | 2004 | 2006 | 2008 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Belgie | 53 926 | 31 445 | 69 441 |
| Bulharsko | 1 615 | 1 789 | 81 |
| Česká republika | 8 206 | 12 341 | 19 486 |
| Dánsko | 2 575 | 0 | 0 |
| Estonsko | 18 | 1 | 0 |
| Finsko | 271 | 261 | 348 |
| Francie | 37 000 | 71 800 | 86 391 |
| Irsko | 0 | 0 | 0 |
| Itálie | 119 250 | 113 778 | 134 141 |
| Kypr | 0 | 0 | 0 |
| Litva | 40 | 24 | 687 |
| Lotyšsko | 112 | 154 | 12 |
| Lucembursko | 0 | 0 | 0 |
| Maďarsko | 9 444 | 6 683 | 5 198 |
| Malta | 0 | 0 | 260 |
| Německo | 101 205 | 136 993 | 159 924 |
| Nizozemsko | 6 997 | 3 393 | 6 029 |
| Polsko | 15 517 | 21 969 | 25 586 |
| Portugalsko | 19 046 | 22 890 | 9 059 |
| Rakousko | 56 955 | 61 000 | 1 038 |
| Rumunsko | 0 | 3 | 12 542 |
| Řecko | 0 | 13 350 | 4 424 |
| Slovensko | 20 370 | 20 595 | 43 144 |
| Slovinsko | 26 | 22 | 57 |
| Spojené království | 226 161 | 156 137 | 162 535 |
| Španělsko | 9 023 | 3 509 | 84 016 |
| Švédsko | 221 | 979 | 624 |
| EU celkem | 687 978 | 679 116 | 825 023 |

Zdroj: Eurostat

7.4 Hlavní nedostatky při nakládání s odpady ze zdravotnictví

Nedostatky při nakládání s odpady ze zdravotnictví jsou podobné v České republice i v zahraničí. Hlavním nedostatkem je špatné třídění odpadů na místě vzniku. Po špatném roztřídění může být odpad zpracováván nevhodnou technologií, případně může znamenat i riziko pro zdraví lidí a životní prostředí. Nedostatky v třídění mohou být způsobeny nedostatečným povědomím zdravotnického a pomocného personálu o nakládání s odpady (Ferreira, Teixeira, 2010), nevhodným umístěním nádob na infekční odpady, například na chodby nebo místa pro kuřáky (Blenkharn, 2007), nevhodným označením a nedostatečnou kapacitou sběrných nádob (Havelka, Antonínová 2010) a nechutí personálu věnovat zvýšenou pozornost infekčním odpadům (Tudor, 2008). Často se tedy stává, že je infekční odpad smíchán s odpadem komunálním, nebo s odpady bez rizika infekce. V odpadu určenému k odstranění se také často nachází recyklovatelné materiály jako papír, sklo nebo plasty. Nedostatky se vyskytují také při značení odpadu. Často chybí evidenční listy nebezpečných odpadů, nádoby nejsou značeny příslušnými znaky a názvy nebezpečných vlastností, katalogovými čísly odpadu a dalšími náležitostmi. Dalším problémem je skladování odpadů před odstraněním. Sběrné nádoby bývají často přístupné cizím osobám, chybí zabezpečení před povětrnostními vlivy, například nepropustná podlaha, nebo kapacita skladišť neodpovídá množství produkováných odpadů (Blenkharn, 2007; Havelka, Antonínová, 2010). Nesrovnalosti se vyskytují také při evidenci odpadů. Evidence často nebývá dostatečnou dobu archivována, případně nesouhlasí se souvisejícími doklady např. fakturami a dodacími listy (Havelka, Antonínová, 2010).

8. Závěr

Odpady ze zdravotnictví jsou prozatím poměrně málo prozkoumanou a poněkud opomíjenou oblastí. Z hlediska legislativy neexistují na úrovni České republiky ani EU žádné specializované právní předpisy. Nakládání s odpady ze zdravotnictví upravují obecné předpisy pro nakládání s odpady a předpisy z oblasti veřejného zdraví. Některé z členských zemí EU, například Portugalsko, Francie, Řecko nebo Slovinsko, v rámci národních legislativ takové předpisy mají.

Složení odpadů ze zdravotnictví se značně liší v závislosti na oddělení, ze kterého pochází. Obecně lze říct, že v poslední době roste podíl jednorázově používaných zdravotnických pomůcek na bázi plastů, a tedy i podíl plastů v odpadu. V odpadech ze zdravotnictví klasifikovaných jako infekční lze nalézt velký podíl odpadů, které by mohly být klasifikovány jako odpady bez rizika infekce případně jako odpady komunální. Špatné třídění a klasifikace odpadů je jedním z největších neduhů managementu odpadů ze zdravotnictví.

Rizika plynoucí z produkce a nakládání s odpady ze zdravotnictví lze zařadit do dvou skupin. První je zdravotní riziko vznikající při kontaktu osob s infekčním odpadem. Druhou je přímé a nepřímé ohrožení životního prostředí. Přímým ohrožením je myšlen únik nebezpečných látek ze sběrných, přepravních nebo skladovacích nádob, nepřímým vypouštění emisí vznikajících při úpravě a odstraňování odpadů ze zdravotnictví.

Nakládání s odpady ze zdravotnictví by mělo respektovat obecnou hierarchii úkonů při nakládání s opady. Především je potřeba předcházet vzniku odpadů. Se vzniklými odpady je třeba nakládat tak, aby byl jejich potenciál využit v co nejvyšší míře. Použitelné pomůcky by měly být znovu využívány, nepoužitelné materiálově nebo energeticky využity. V poslední řadě by měly být odstraněny bez energetického využití nebo uloženy na skládku. Předcházení vzniku odpadu a znovu využívání použitelných pomůcek je ovšem v konfliktu s hygienickými požadavky na péči a pracovní prostředí. Do nedávné doby bylo nejčastějším způsobem odstranění odpadů ze zdravotnictví spalování. S rostoucími požadavky na čistotu ovzduší a životního prostředí jako celku, bylo ovšem potřeba aplikovat pokročilé finančně náročné metody čištění spalin. Postupně tedy rostl tlak na vývoj nových zařízení, která by vypouštěla méně, případně žádné emise škodlivých látek. V současné době lze na trhu se zařízeními na úpravu a odstraňování odpadů ze zdravotnictví nalézt širokou škálu produktů od zařízení na bázi tepelné dekontaminace přes zařízení na bázi chemické dekontaminace až po zařízení na dekontaminaci ozařováním nebo zařízení na odstraňování odpadu plazmovým obloukem. Spalování má ovšem při odstraňování některých druhů odpadu nezastupitelnou úlohu. Jedná se například o odstraňování nevyužitelných léčiv a cytostatik, nebezpečných chemikálií nebo odpadního amalgámu ze stomatologické péče.

Dostupnost dat v oblasti produkce a nakládání se odpady ze zdravotnictví není zdaleka dostačující. I pokud nebereme v úvahu komplikovanost legislativy v oblasti terminologie a evidence produkce a nakládání s odpady ze zdravotnictví, která zřejmě způsobuje nevěrohodnost dat, je nutné konstatovat, že data nejsou ani zdaleka kompletní. Nejdůležitějším zdrojem v oblasti produkce a nakládání s odpady ze zdravotnictví byl pro práci Eurostat. Jsou zde sice informace o produkci nebezpečných odpadů ze zdravotnictví a odpadů ze zdravotnictví nevykazujících nebezpečné vlastnosti, naprosto ale chybí data o produkci jednotlivých druhů odpadu ve smyslu evropského katalogu odpadu. V oblasti nakládání s odpady lze nalézt informace o odstraňování odpadů ze zdravotnictví spalováním s využitím a bez využití energie. Nejsou zde ale žádná data o odstraňování odpadu jinými způsoby např. dekontaminací a následným skládkováním. Odpady ze zdravotnictví jsou natolik specifickou skupinou odpadů, že by bylo třeba zřídit pro ně v rámci Eurostatu samostatnou datovou tabulku. Pokud vyloučíme data Eurostatu, je velice obtížné získat jakákoli jiná data. Po oslovení ministerstev zdravotnictví a velvyslanectví členských zemí EU byly získány pouze obecné informace o zdravotní a odpadové politice států. Data pro Českou republiku jsou dobře dostupná ze studií Státního zdravotního ústavu.

V oblasti odpadů ze zdravotnictví by bylo potřeba udělat velký krok vpřed zejména v legislativě. V rámci sdílených pravomocí EU by měl být zpracován právní předpis souhrnně upravující terminologii, nakládání a evidenci odpadů ze zdravotnictví. Na základě tohoto předpisu by měly být provedeny audity zdravotnických zařízení, které by odhalily slabiny v jejich odpadovém hospodářství a vypracovány studie navrhuující řešení těchto slabin a tedy optimalizováno hospodářství v oblasti odpadů ze zdravotnictví.

Seznam zkratek

ADR - Evropská dohoda o mezinárodní silniční dopravě nebezpečných věcí (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)

EU - Evropská unie

ČIŽP - Česká inspekce životního prostředí

HEPA - High-Efficiency Particulate Arresting

OSHA - Occupational safety and health organization

PCB - polychlorované bifenily

TSC - testovací uzavřený systém

VOC - těkavé organické látky

WHO - World health organization - světová zdravotnická organizace

Použitá literatura

Aktuální ekologické otázky E 2000: Odpady ze zdravotnictví. 1. Praha: BIJO TC a.s., 2000.

ALVIM-FERRAZ, M.C.M. a S.A.V. AFONSO. Incineration of different types of medical wastes: emission factors for gaseous emissions. *Atmospheric environment*. 2003, č. 38.

BGS. BGS [online]. 2012 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.bgs.eu/home.html?&L=1>

BIOSAFE LIFE SCIENCES. *Biosafe life sciences* [online]. 2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://biosafelifesciences.com/1>

BLENKHARN, J.I. Standards of clinical waste management in hospitals—A second look. *Public health*. 2007, č. 3.

CENIA. *Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2009*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2009. Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFYXSS4W/\\$FILE/rocenka2009.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFYXSS4W/$FILE/rocenka2009.pdf)

Collector Technology. *Biomedical technology solutions* [online]. 2008 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://www.bmtscorp.com/technology.htm>

COMMISSION DECISION of 3 May 2000: replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste. 2001.

Contamination of chicken eggs near the Queen Mary's Hospital, Lucknow medical waste incinerator in Uttar Pradesh (India) by dioxins, PCBs and hexachlorobenzene. DIOXIN, PCBs and Waste Working Group. *Healthcare without harm* [online]. 2004 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: http://noharm.org/lib/downloads/waste/Contamination_of_Eggs_in_India.pdf

DEITHER, P. et al. X-ray Sterilisation: The Technology of the Future. *European Medical Device Technology* [online]. 2010, roč. 1, č. 2 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.emdt.co.uk/article/x-ray-sterilisation-technology-future>

DISCOVER THE SOLID SOLUTIONS TO FLUID SOURCES OF CONTAMINATION. MICROTEK MEDICAL. *Ecolab* [online]. 2010 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: http://www.ecolabhealthcare.com/docs/ISO%20brochure23_FINAL.pdf

EMMANUEL, Jorge a Čestmír HRDINKA. *Nespalovací technologie pro nakládání s odpady ze zdravotnictví*. Praha: Arnika, 2003

EMMANUEL, Jorge. *Non-Incineration Medical waste treatment technologies* [online]. 2001 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: http://www.noharm.org/lib/downloads/waste/Non-Incineration_Technologies.pdf

Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. In: Sbírka mezinárodních smluv. 2010.

FAQ. *Environmental waste international* [online]. 2008 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.ewmc.com/>

FERREIRA, Vera a Margarida Ribau TEIXEIRA. Healthcare waste management practices and risk perceptions: Findings from hospitals in the Algarve region, Portugal. *Waste management*. 2010, č. 12.

GLEIS, Markus. History of Healthcare Waste Treatment in Germany. *Medwaste control conference* [online]. 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: http://www.emwc2011.org/documents/EMWC%202011_Markus%20%20Gleis.pdf

HAVELKA, Petr a Jana ANTONÍNOVÁ. Nakládání s odpady ve zdravotnických a sociálních zařízeních: Zkušenosti ČIŽP z kontrol. *Odpadové fórum*. 2010, č. 1.

HOSSAIN, Sohrab et al. Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment – A review. *Waste Management*. 2011, roč. 31, č. 4.

HUANG, H. a L. TANG. Treatment of organic waste using thermal plasma pyrolysis technology. *Energy Conversion and Management*. 2007, č. 4.

INSA, E. Critical review of medical waste legislation in Spain. *Resources, Conservation and Recycling*. 2010, roč. 54, s. 1048-1056.

K6. *Vacumet VDi 101* [online]. 2010 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.vacumet.cz/>

Klinik boxy - nádoby na zdravotnický odpad. *OBAL CENTRUM s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://www.obal-centrum.cz/zdravotnicke_obaly/klinik_boxy.php

LIU, David H. F. et al. *Environmental engineers' Handbook*. 2. vyd. New York: CRC press LLC, 1996. ISBN 0-8493-9971-8

MATHUR, Umesh B. et al. Effects of Vermicomposting on Microbiological Flora of Infected Biomedical Waste. *Journal of ISHWM* [online]. 2006, roč. 5, č. 1 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: http://www.noharm.org/lib/downloads/waste/Effects_of_Vermicomposting.pdf

MCGURK, Jack, et al. Hospital Pollution Prevention (P-2) Strategies. In: [online]. 2002 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z:

<http://www.cdph.ca.gov/certlic/medicalwaste/Documents/MedicalWaste/HospitalP2Strategies.pdf>

MCGURK, Jack. Greening of the Red-Bag Waste Stream: A Guidance Document for Successful Interventions to reduce Medical Waste Generation in California Hospitals. In: [online]. 2004 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z:

<http://www.cdph.ca.gov/certlic/medicalwaste/Documents/MedicalWaste/MedWasteReductionInterventions3.pdf>

MCM ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES. *MCM environmental technologies* [online]. 2010 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.mcmetech.com/Sr..htm>

Medister 10. *Meteka* [online]. 2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: http://www.meteka.com/english/produkte/medister_10.php

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Metodické doporučení k nakládání s odpady ze zdravotnictví: z nemocnic a za ostatních zdravotnických zařízení nebo jim podobných zařízení*. Praha, 2007.

MSE TECHNOLOGY APPLICATIONS. *MSE Technology Applications* [online]. 2011 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: <http://www.mse-ta.com/>

MÜHLICH, M. et al. Comparison of infectious waste management in European hospitals. *Journal of Hospital Infection*. 2003, č. 4.

Nařízení vlády č. 178/2001 Sb.: kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci. In: *Sbírka zákonů*. 2001.

Nařízení vlády č. 354/2002 Sb.: kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu. In: *Sbírka zákonů*. 2002.

OZONATOR INDUSTRIES. *Ozonator industries* [online]. 2010 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: http://ozonatorindustries.com/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1

PETRLÍK, Jindřich a Saška PETROVA. *Nakládání se zdravotnickým odpadem: Porovnání České republiky a Slovinska*. Praha: Občanské sdružení Arnika, 2008.

Plasma Pyrolysis for Medical Waste. GOVERNMENT OF INDIA DEPARTMENT OF ATOMIC ENERGY. *Government of India Department of atomic energy* [online]. 2003 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: <http://www.dae.gov.in/ni/nimjun03/PLASMA.htm>

Politiky Evropské unie. *Evropská komise* [online]. 2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/ceskarepublika/abc/policies/index_cs.htm

POSITIVE IMACT WASTE SOLUTIONS. *Positive impact waste solutions* [online]. 2008 [cit. 2012-04-17].

Dostupné z: <http://www.piwsinc.com/>

PRECISION ANALYSIS. *Environmental Testing Report Synopsis MD-1000 Clinical Waste Treatment System*. 2002. Dostupné z: <http://ewi.ca/products/documents/061002PAS.pdf>

Principles of Waste Minimisation. *Healthcare without harm* [online]. 2012b [cit. 2012-03-27].

Dostupné z: <http://www.noharm.org/europe/issues/waste/reduction.php>

PRÜSS, A., E. GIROULT a P. RUSHBROOK. *Safe management of wastes from health-care activities* [online]. Geneva: WHO, 1999 [cit. 2012-03-26]. ISBN 92 4 154525 9. Dostupné z: http://www.healthcarewaste.org/fileadmin/user_upload/resources/Safe-HCWM-WHO-1999.pdf

RETAMERO, Fermin. Roundtable discussion: HCWM in Southern-European countries. In: *Medwaste control conference* [online]. 2010 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.emwc2010.org/>

Reusable Container Systems. *California department of public health* [online]. 2010 [cit. 2012-03-27].

Dostupné z: <http://www.cdph.ca.gov/certlic/medicalwaste/Pages/ReusableSharpsContainers.aspx>

Risks associated with HCW. WHO. *HCWM: Healthcare waste management* [online]. 2011 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://www.healthcarewaste.org/basics/risks/>

ŘÍMANOVÁ, Dana a Magdalena ZIMOVÁ. *Nakládání s odpady ve zdravotnických a jim podobných zařízeních*. Praha: Polygon, 2002. ISBN 80-7273-070-3.

SANIDA, G. et al. Assessing generated quantities of infectious medical wastes: A case study for a health region administration in Central Macedonia, Greece. *Waste management*. 2010, č. 3.

Spalovna odpadů. NEMOCNICE RUDOLFA A STEFANIE BENEŠOV, a.s. *Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov, a.s.* [online]. 2008 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: <http://www.hospital-bn.cz/spalovna-odpadu>

STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Metody hodnocení dekontaminace odpadů ze zdravotnických zařízení*. 2008

STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Návrh metodického doporučení pro hodnocení účinnosti dekontaminace odpadů ze zdravotnictví* [online]. 2009 [cit. 8. 4. 2012]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/priloha5Z.pdf>

SUNDQVIST, Jan-Olov. Medical Waste Management in Scandinavian Countries. *Medwaste control conference* [online]. 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: http://www.emwc2011.org/documents/EMWC%202011_Jan-Olov%20Sundqvist.pdf

The issue. *Healthcare without harm* [online]. 2012a [cit. 2012-03-27]. Dostupné z:

<http://www.noharm.org/europe/issues/waste/>

Throughput. *Sanitec* [online]. 2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z:

<http://www.sanitecind.com/Throughput.php>

Treatment of waste. EUROSTAT. *Eurostat* [online]. 2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z:

<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>

TUDOR, T. L. et al. Can corporate social responsibility and environmental citizenship be employed in the effective management of waste? Case studies from the National Health Service (NHS) in England and Wales. *Resources, Conservation and Recycling*. 2008, roč. 52., č. 5.

Vyhláška 294/2005 Sb.: o podmínkách ukládání odpadu na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. In: *Sbírka zákonů*. 2005.

Vyhláška č. 195/2005 Sb.: kterou se upravují podmínky předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a hygienické požadavky na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče. In: *Sbírka zákonů*. 2005.

VYHLÁŠKA č. 381/2001 Sb.: kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů). In: *sbírka zákonů*. 2001.

VYHLÁŠKA č. 383/2001 Sb.: o podrobnostech nakládání s odpady. In: *Sbírka zákonů*. 2001.

WALKER, Ken. *Healthcare waste management in Scotland*. 2011. Dostupné z:

<http://www.emwc2011.org/>

WILBURN a EIJKEMANS. Preventing Needlestick Injuries among Healthcare Workers: A WHO–ICN Collaboration. *INT J OCCUP ENVIRON HEALTH*. 2004, č. 10, s. 451-456. Dostupné z:

http://noharm.org/lib/downloads/waste/Preventing_Needlestick_Injuries.pdf

WOLFF, Gunther. Health Care Waste Management in the European Union. In: *Medwaste control conference* [online]. 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z:

http://www.emwc2011.org/documents/EMWC%202011_Gunther%20Wolff.pdf

XIE, Rong, LI, Bo-Liang WU a Jia-quiang YI. Emissions investigation for a novel medical waste incinerator. *Journal of hazardous materials* [online]. 2008, roč. 2009, č. 1 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389408017172>

YANG, Liqing. Solid waste plasma disposal plant. *Journal of Electrostatics*. 2011, č. 69.

Začleňování acquis Společenství. *Evropská komise* [online]. 2010 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/ceskarepublika/information/glossary/term_190_cs.htm

Zákon 378/2007 Sb.: o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech). In: *Sbírka zákonů*. 2001.

Zákon č. 111/1994 Sb.: O silniční dopravě. In: *Sbírka zákonů*. 1994.

Zákon č. 157/1998 Sb.: o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 1998.

Zákon č. 185/2001 Sb.: Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 2001.

Zákon č. 258/2000 Sb.: o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 2000.

ZIMOVÁ, Magdalena. Zdravotnické odpady - teorie a praxe. *Odpadové fórum* [online]. 2010, č. 1 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/news/zdravotnicke-odpady-teorie-a-praxe/>

Přílohy

Tabulky

Tabulka č. 1 Ukazatele pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti

| ukazatel | Třídy vyluhovatelnosti | | | |
|-------------------------------------|------------------------|-------|-------|--------|
| | I | IIa | IIb | III |
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| DOC(rozpuštěný organický uhlík) | 50 | 80 | 80 | 100 |
| Fenolový index | 0,1 | | | |
| Chloridy | 80 | 1500 | 1500 | 2 500 |
| Fluoridy | 1 | 30 | 15 | 50 |
| sírany | 100 | 3000 | 2 000 | 5 000 |
| As | 0,05 | 2,5 | 0,2 | 2,5 |
| Ba | 2 | 30 | 10 | 30 |
| Cd | 0,004 | 0,5 | 0,1 | 0,5 |
| Cr celkový | 0,05 | 7 | 1 | 7 |
| Cu | 0,2 | 10 | 5 | 10 |
| Hg | 0,001 | 0,2 | 0,02 | 0,2 |
| Ni | 0,04 | 4 | 1 | 4 |
| Pb | 0,05 | 5 | 1 | 5 |
| Sb | 0,006 | 0,5 | 0,07 | 0,5 |
| Se | 0,01 | 0,7 | 0,05 | 0,7 |
| Zn | 0,4 | 20 | 5 | 20 |
| Mo | 0,05 | 3 | 1 | 3 |
| RL (rozpuštěné látky) ¹⁾ | 400 | 8 000 | 6 000 | 10 000 |
| pH | | ≥ 6 | ≥ 6 | |

1) Pokud je stanovena hodnota pro RL není potřeba stanovovat hodnoty koncentrací síranů a chloridů

Zdroj: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2005/sb105-05.pdf> (Vyhláška č. 294/2005 Sb.)

Tabulka č. 2 Technické požadavky na skládky inertních odpadů

| | | Skupina skládky S - IO : | vyhovuje | |
|---|--|--|----------|----|
| | | | ano | ne |
| | | určená pro inertní odpady kategorie ostatní odpad, jejichž vodný výluh nepřekračuje v žádném z ukazatelů limitní hodnoty výluhové třídy č. 1, uvedené v příloze č.2 a limitní hodnoty obsahu organických škodlivin v sušině, uvedené v tabulce č. 4.1. přílohy č.4 | | |
| 1 | Umístění | Neposuzuje se | | |
| 2 | Přírozená geologická bariéra | $k^{1)} \leq 1.10^{-7} \text{ m/s}$; tloušťka $\geq 1 \text{ m}$ | | |
| 3 | Náhrada přírodních geologických bariér | a) zemní těsnění $k \leq 1.10^{-8} \text{ m/s}$; tloušťka $\geq 0,5 \text{ m}$ nebo b) jiné materiály, uvedené v čl. 7.1 ČSN 83 8030 | | |
| 4 | Těsnění skládky | Není požadováno | | |
| 5 | Vnitřní drenážní systém | Plošný drén tloušťky nejméně 0,3m, $k \geq 1.10^{-4} \text{ m/s}$ | | |
| 6 | Jímání průsakových vod | Nepropustná bezodtoká jímka | | |
| 7 | Program kontroly a monitoringu | Viz článek 5.2 ČSN 83 8036 | | |
| 8 | Zajištění proti vstupu na skládku | Viz čl. 9.5 ČSN 83 8030 | | |

1) k - součinitel filtrace podle ČSN 83 80 30

Zdroj: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2005/sb105-05.pdf> (Vyhláška č. 294/2005 Sb.)

Tabulka č. 3 Technické požadavky na skládky ostatních odpadů

| | | Skupina skládky S – OO | vyhovuje | |
|----|-------------------------------------|--|----------|----|
| | | | ano | ne |
| | | určená pro odpady kategorie ostatní odpad, jejichž vodný výluh nepřekračuje v žádném z ukazatelů limitní hodnoty výluhové třídy č. IIa (S-OO1, S-OO3) nebo č. IIb (S-OO2), uvedené v příloze č. 2, pro upravené odpady kategorie ostatní odpad, jejichž přijatelnost na jednotlivé skupiny skládek nelze hodnotit na základě jejich vodného výluhu (např. komunální odpad a směsný stavební a demoliční odpad) | | |
| 9 | Umístění | Neposuzuje se | | |
| 10 | Přírozená geologická bariéra | $k \leq 1.10^{-9} \text{ m/s}$; tloušťka $\geq 1 \text{ m}$ | | |
| 11 | Náhrada přírodní geologické bariéry | Musí splňovat podmínku, že teoretické proteklé množství vody na 1 m^2 plochy činí nejvýše $3.10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$. Pro výpočet platí vztahy podle čl. 7.2.1 ČSN 83 8030. Pokud je tloušťka vrstvy menší než 0,5 m, musí být skládka vybavena monitorovacím systémem, kterým lze ověřovat celistvost náhradní geologické bariéry i fóliového těsnění do doby, než úroveň odpadů dosáhne výšky nejméně 2 m nad horní úroveň těsnění skládky. | | |
| 12 | Těsnění skládky | Fólie tl. nejméně 1,5 mm, která vyhovuje požadavkům čl. 8.3.3 ČSN 83 8032 | | |
| 13 | Vnitřní drenážní systém | a) Plošný drén tloušťky nejméně 0,5 m, $k \geq 1.10^{-4} \text{ m/s}$ | | |
| | | b) Plošný drén tloušťky nejméně 0,3 m, $k \geq 1.10^{-4} \text{ m/s}$ doplněný trubními drény o jmenovité světlosti nejméně 200 mm. | | |
| 14 | Jímání průsakových vod | Nepropustná bezodtoká jímka | | |
| 15 | Odplynění skládky | Zařazení skládky do třídy podle čl. 7.3 ČSN 83 8034: tř. 1 – odplynění není požadováno tř. 2 a 3 – odplyňovací systém | | |
| 16 | Nakládání se skládkovým plynem | Spalování s využitím energie | | |
| | | bez využití energie | | |
| | | Jiné | | |
| 17 | Program kontroly a monitoringu | Viz článek 5.2 ČSN 83 8036 | | |
| 18 | Zajištění proti vstupu na skládku | Viz čl. 9.5 ČSN 83 8030 | | |

Zdroj: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2005/sb105-05.pdf> (Vyhláška č. 294/2005 Sb.)

Tabulka č. 4 Technické požadavky na skládky nebezpečných odpadů

| | | Skupina skládky S – NO | vyhovuje | |
|----|--|---|----------|----|
| | | | ano | ne |
| | | Určená pro nebezpečné odpady, jejichž vodný výluh nepřekročuje v žádném z ukazatelů limitní hodnoty uvedené v příloze č.2 pro výluhovou třídu číslo III a které vykazují ztrátu žháním vyšší než 10 % sušiny nebo TOC vyšší než 5 % sušiny. Krajský úřad může povolit vyšší mezní hodnotu TOC v případě, že je dosaženo hodnoty DOC 800 mg/kg při vyluhování buď při vlastním pH, nebo při pH v rozmezí 7,5 – 8,0, | | |
| 19 | Umístění | Neposuzuje se | | |
| 20 | Přirozená geologická bariéra | $k \leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s; tloušťka ≥ 5 m | | |
| 21 | Náhrada přirozené geologické bariéry | Musí splňovat podmínku, že teoretické proteklé množství vody na 1 m ² plochy činí nejvýše 2.10 ⁻⁹ m ³ /s. Pro výpočet platí vztahy podle čl. 7.3.1 ČSN 83 8030. Pokud je tloušťka vrstvy menší než 0,5 m, musí být skládka vybavena monitorovacím systémem, kterým lze ověřovat celistvost náhradní geologické bariéry i fóliového těsnění do doby, než úroveň odpadů dosáhne výšky nejméně 2 m nad horní úroveň těsnění skládky. | | |
| 22 | Těsnění skládky | Fólie tl. nejméně 2 mm, která vyhovuje požadavkům čl. 8.3.3 ČSN 83 8032 | | |
| | | Jiné, individuálně posouzené ochranné bariéry | | |
| | | Jiné, individuálně posouzené těsnicí prvky | | |
| 23 | Vnitřní drenážní systém | c) Plošný drén tloušťky nejméně 0,5 m, $k \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s | | |
| | | d) Plošný drén tloušťky nejméně 0,3 m, $k \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s doplněný trubními drény o jmenovité světlosti nejméně 200 mm. | | |
| 24 | Jímání průsakových vod | Nepropustná bezodtoká jímka | | |
| 25 | Odplynění skládky | Zařazení skládky do třídy podle čl. 7.3 ČSN 83 8034: | | |
| | | tř. 1 – odplynění není požadováno | | |
| 26 | Nakládání se skládkovým plynem | tř. 2 a 3 – odplyňovací systém | | |
| | | Spalování s využitím energie | | |
| | | bez využití energie | | |
| 27 | Program kontroly a monitoringu | Jiné | | |
| | | Viz článek 5.2 ČSN 83 8036 | | |
| 28 | Zajištění proti vstupu na skládku | Viz čl. 9.5 ČSN 83 8030 | | |
| 29 | Výsledek posouzení podle bodu 2 § 12 odst. 1 | <p>a) Skládka je provozována v souladu s podmínkami provozování skládek podle zákona</p> <p>b) Skládka není provozována v souladu s podmínkami provozování skládek podle zákona:</p> <p>b1. Splnění požadavků zákona a této vyhlášky je technicky i ekonomicky možné (viz příložený časový harmonogram nápravných prací)</p> <p>b2. Splnění požadavků zákona a této vyhlášky není technicky nebo ekonomicky možné, skládka bude uzavřena podle časového harmonogramu.</p> | ano | ne |

Zdroj: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2005/sb105-05.pdf> (Vyhláška č. 294/2005 Sb.)

Tabulka č. 6 Indikátorové organismy používané při prokazování účinnosti dekontaminace infekčního odpadu

| Organismus | Kmen |
|---|--|
| Vegetativní bakterie | |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | NCIMB 8625 |
| | NCTC 7447 |
| | ATCC 6538 |
| <i>Escherichia coli</i> | ATCC 8739 |
| <i>Enterococcus faecalis</i> | CCM 2541 |
| <i>Clostridium perfringens</i> | ATCC 13124 |
| <i>Geobacillus stearothermophilus</i> | Sbírková kultura |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | NCIMB 10421 |
| | ATCC 10421 |
| Mykobakterie | |
| <i>Mycobacterium terrae</i> | |
| <i>Mycobacterium phlei</i> | |
| <i>Mycobacterium bovis BCG</i> | NCTC 5692 |
| Spory | |
| <i>Bacillus subtilis</i> | |
| Plísňe a kvasinky | |
| <i>Candida albicans</i> | NCPF 3255 |
| | ATCC 2091 |
| <i>Penicillium chrysogenum</i> | ATCC 24791 |
| <i>Aspergillus niger</i> | |
| <i>Sacharomyces cerevisiae</i> | Sbírkové kultury |
| Viry | |
| Polio 2 nebo Polio 3 | |
| MS2 bakteriofág | NCIMB 10108 |
| | ATCC 15597-B1 |
| Paraziti | |
| <i>Cryptosporidium spp. oocysts</i> | |
| <i>Giardia</i> | NCIMB 8058 (Dekontaminace suchým teplem) |
| | ATCC 9372 (Dekontaminace vlhkým teplem) |
| | NCIMB 12900 (Chemická dekontaminace) |
| | ATCC 19659 (Chemická dekontaminace) |
| <i>Bacillus stearothermophilus</i> (Dekontaminace párou o teplotě nižší než 121 °C) | NCIMB 8923 |
| | ATCC 12980 |
| | NCIMB 8157 |
| | NCTC 10007 |
| | ATCC 7953 |

Zdroj: Návrh metodického doporučení pro hodnocení účinnosti dekontaminace odpadů ze zdravotnictví

Tabulka č. 7 Výsledky rozboru vodného výluhu ze vzorku popele ze spalovny zdravotnického odpadu

| Parametr výluhu | Hodnota | Parametr výluhu | Hodnota |
|------------------------------|---------|---|---------|
| pH | 12,5 | Ni, mg · l ⁻¹ | <0,02 |
| Vodivost, mS/m | 1,756 | Hg, mg · l ⁻¹ | <0,001 |
| PAU, mg · l ⁻¹ | <0,001 | Se, mg · l ⁻¹ | <0,001 |
| FN l. , mg · l ⁻¹ | 0,08 | Ag, mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| NEL, mg · l ⁻¹ | 0,01 | Tl, mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| AOX, mg · l ⁻¹ | 0,12 | V, mg · l ⁻¹ | <0,005 |
| PAL-A, mg · l ⁻¹ | 0,07 | Zn, mg · l ⁻¹ | 1,84 |
| Al, mg · l ⁻¹ | <0,05 | F ⁻ , mg · l ⁻¹ | 0,13 |
| As, mg · l ⁻¹ | <0,001 | NH ₄ ⁺ , mg · l ⁻¹ | 3,49 |
| Ba, mg · l ⁻¹ | 0,83 | CN ⁻ _{celk} , mg · l ⁻¹ | 0,01 |
| Be, mg · l ⁻¹ | <0,001 | CN ⁻ _{volné} , mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| Pb, mg · l ⁻¹ | 0,02 | NO ₂ ⁻ | <0,01 |
| Cd, mg · l ⁻¹ | <0,005 | PO ₄ ³⁻ , mg · l ⁻¹ | 0,11 |
| Cr, mg · l ⁻¹ | 0,25 | S ₂ ⁻ , mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| Co, mg · l ⁻¹ | <0,02 | DOC, mg · l ⁻¹ | 48 |
| Cu, mg · l ⁻¹ | 0,04 | PCB, mg · l ⁻¹ | <0,0001 |
| Mn, mg · l ⁻¹ | <0,01 | Rozp.l., mg · l ⁻¹ | 9,830 |

Zdroj: BIJO T.C., 2000

Tabulka č. 8 Výsledky rozboru vodného výluhu ze vzorku popílku ze spalovny zdravotnického odpadu

| Parametr výluhu | Hodnota | Parametr výluhu | Hodnota |
|------------------------------|---------|---|---------|
| pH | 9,1 | Ni, mg · l ⁻¹ | <0,02 |
| Vodivost, mS/m | 585 | Hg, mg · l ⁻¹ | <0,001 |
| PAU, mg · l ⁻¹ | <0,001 | Se, mg · l ⁻¹ | 0,003 |
| FN l. , mg · l ⁻¹ | 0,03 | Ag, mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| NEL, mg · l ⁻¹ | 0,03 | Tl, mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| AOX, mg · l ⁻¹ | 0,47 | V, mg · l ⁻¹ | <0,005 |
| PAL-A, mg · l ⁻¹ | 0,04 | Zn, mg · l ⁻¹ | 0,74 |
| Al, mg · l ⁻¹ | <0,05 | F ⁻ , mg · l ⁻¹ | 7,1 |
| As, mg · l ⁻¹ | <0,001 | NH ₄ ⁺ , mg · l ⁻¹ | 7,38 |
| Ba, mg · l ⁻¹ | 0,06 | CN ⁻ _{celk} , mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| Be, mg · l ⁻¹ | <0,001 | CN ⁻ _{volné} , mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| Pb, mg · l ⁻¹ | <0,02 | NO ₂ ⁻ | <0,01 |
| Cd, mg · l ⁻¹ | <0,005 | PO ₄ ³⁻ , mg · l ⁻¹ | 0,1 |
| Cr, mg · l ⁻¹ | <0,05 | S ₂ ⁻ , mg · l ⁻¹ | <0,01 |
| Co, mg · l ⁻¹ | <0,02 | DOC, mg · l ⁻¹ | 7 |
| Cu, mg · l ⁻¹ | <0,01 | PCB, mg · l ⁻¹ | <0,0001 |
| Mn, mg · l ⁻¹ | <0,01 | Rozp.l., mg · l ⁻¹ | 1,880 |

Zdroj: BIJO T.C., 2000

Tabulka č. 9 příklady infekcí hrozících při nakládání s odpady ze zdravotnictví a cesty jejich přenosu

| Typ infekce | Příklady mikroorganismů | Cesta přenosu |
|----------------------------|--|---------------------------|
| Infekce zažívacího traktu | <i>Enterobacteria</i> , např. <i>salmonella</i> , <i>sigella</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , střevní paraziti (např. ploštěnci) | Výkaly, zvratky |
| Infekce dýchacího traktu | <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i> | Inhalované sekrety, sliny |
| Infekce očí | <i>Herpes virus</i> | Sekrety z očí |
| Infekce pohlavního ústrojí | <i>Neisseria gonorrhoeae</i> , <i>herpes virus</i> | Pohlavní sekrety |
| Infekce kůže | <i>Sterptococcus sp.</i> | Hnis |
| Anthrax | <i>Bacillus anthracis</i> | Sekrety kůže |
| Meningitida | <i>Neisseria meningitidis</i> | Mozkomíšní tekutina |
| AIDS | <i>HIV</i> | Krev, pohlavní sekrety |
| Žloutenka typu A | <i>Virus žloutenky typu A</i> | Výkaly |
| Žloutenka typu B a C | <i>Virus žloutenky typu B a C</i> | Krev a tělní tekutiny |

Zdroj: http://www.healthcarewaste.org/fileadmin/user_upload/resources/Safe-HCWM-WHO-1999.pdf

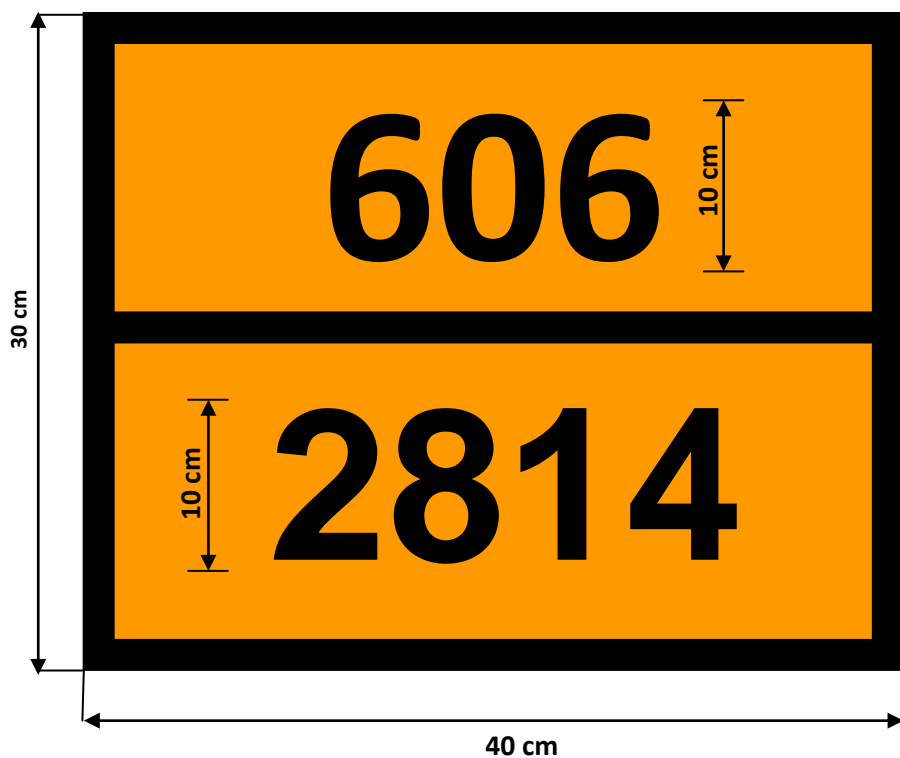
Obrázky

Obr. č. 1 Značka pro infekční odpady



Zdroj: Evropská dohoda o mezinárodní silniční dopravě nebezpečných věcí

Obr. č. 2 Tabulka pro vysoce infekční odpady



Zdroj: Evropská dohoda o mezinárodní silniční dopravě nebezpečných věcí

Obr. č. 3 Složení odpadu ze zdravotnictví



Zdroj:

http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/nakladani_s_odpady.pdf

Obr. č. 4 Pevné boxy na odpad ze zdravotnictví



Zdroj: http://www.obal-centrum.cz/zdravotnicke_obaly/klinik_boxy.php

Obr. č. 5 Opakovaně využitelné kontejnery firmy Meteka



Zdroj: <http://www.linc-medical.co.uk/product/index/id/205/cat/137>

Obr. č. 6 Kontejner vhodný ke svozu odpadů ze zdravotnictví



Zdroj: <http://www.mariuspedersen.cz/cs/o-marius-pedersen/sluzby/9.shtml>

Obr. č. 7 Mobilní jednotka na zpracování odpadu ze zdravotnictví



Zdroj: <http://www.positiveimpactwastesolutions.co.uk/medical-waste/piws-mobile-fixed-systems/>

Obr. č. 8 Odpad ze zdravotnictví zpracovaný mobilní jednotkou firmy Positive impact waste solutions



Zdroj: <http://www.positiveimpactwastesolutions.co.uk/medical-waste/piws-mobile-fixed-systems/>

Obr. č. 9 Autokláv společnosti Bondtech



Zdroj: <http://www.bondtech.net/medicalwaste.php4?item=medical>

Obr. č. 10 Autokláv společnosti Tempico



Zdroj: http://www.tempico.com/dynamic.php?pg=Products/15_Model

Obr. č. 11 Autokláv společnosti Tuttnauer



Zdroj: <http://www.tuttnauer.com/sites/default/files/bulk-steam-autoclaves-english.pdf>

Obr. č. 12 Odpad zpracovaný autoklávem před drcením



Zdroj: <http://www.tempico.com/index.php>

Obr. č. 13 Odpad zpracovaný autoklávem po drcení



Zdroj: <http://www.tempico.com/index.php>

Obr. č. 14 Zařízení na dekontaminaci mikrovlnami firmy Meteka



Zdroj: http://www.meteka.com/english/produkte/medister_10.php

Obr. č. 15 Zařízení na dekontaminaci mikrovlnami firmy Sanitec



Zdroj: http://www.sanitecind.com/The_Sanitec_Process.php

Obr. č. 16 Zařízení na dekontaminaci nehybným horkým vzduchem firmy Biomedical technology solutions



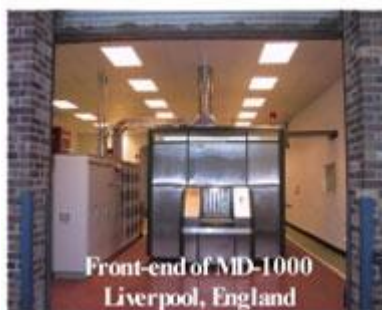
Zdroj: http://novismed.net/demolizer_72.html

Obr. č. 17 Jehly enkapsulované roztavenými plasty po dekontaminaci v zařízení využívajícím nehybný horký vzduch



Zdroj: <http://www.bmtscorp.com/demo.htm#demo>

Obr. č. 18 Zařízení na dekontaminaci depolymerací mikrovlnným zářením firmy Environmental waste international



Zdroj: <http://www.ewmc.com/>

Obr. č. 19 Materiál použitý při testování zařízení na dekontaminaci depolymerací mikrovlnným zářením firmy Environmental waste international před testem



Zdroj: <http://ewi.ca/products/documents/061002PAS.pdf>

Obr. č. 20 Materiál použitý při testování zařízení na dekontaminaci depolymerací mikrovlnným zářením firmy Environmental waste international po testu



Zdroj: <http://ewi.ca/products/documents/061002PAS.pdf>

Obr. č. 21 Zařízení na dekontaminaci oxidem vápenatým firmy Positive impact waste solutions



Zdroj: http://www.piwsinc.com/?page_id=110

Obr. č. 22 Zařízení na dekontaminaci ozonem firmy Ozonator industries



Zdroj: http://ozonatorindustries.com/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=6

Obr. č. 23 Odpad zpracovaný dekontaminačním zařízením na bázi ozonu



Zdroj: http://ozonatorindustries.com/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=6

Obr. č. 24 Dekontaminační zařízení na bázi alkalické hydrolýzy firmy Biolife sciences o kapacitě 5 kg



Zdroj: <http://www.biosafelifesciences.com/51>

Obr. č. 25 Dekontaminační zařízení na bázi alkalické hydrolýzy firmy Biolife sciences o kapacitě 91 kg



Zdroj: <http://www.biosafelifesciences.com/56>

Obr. č. 26 Dekontaminační zařízení na bázi alkalické hydrolýzy firmy Biolife sciences o kapacitě 907 kg



Zdroj: <http://www.biosafelifesciences.com/51>

Obr. č. 27 Zbytky po rozložení tkání alkalickou hydrolyzou



Zdroj: http://www.biosafelivesciences.com/alkaline_hydrolysis

Obr. č. 28 Dekontaminační zařízení na bázi kyseliny peroctové firmy Steris



Zdroj: <http://www.ebay.com/itm/Steris-EcoCycle-10-Biohazard-waste-Eco10-EcoMED-hazardous-syringe-needle-grinder-/360353903444>

Obr. č. 29 Obalový pytel s odpadem před a po dekontaminaci přístrojem Vacumet VDi 101



Zdroj: <http://www.vacumet.cz/>

Obr.č. 30 kompostér použitý při výzkumu efektu vermikompostování na inaktivaci mikroorganismů v biologicky rozložitelném odpadu ze zdravotnictví



Zdroj: http://noharm.org/lib/downloads/waste/Effects_of_Vermicomposting.pdf

Obr. č. 31 spalovna odpadů ze zdravotnictví v Benešově



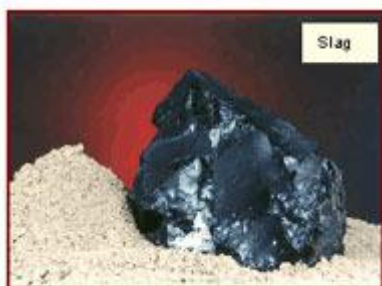
Zdroj: <http://www.hospital-bn.cz/spalovna-odpadu>

Obr. č. 32 Zařízení na rozklad odpadu plazmovým obloukem firmy MSE Technology applications



Zdroj: <http://www.mse-ta.com/plasmatech/plasmafacility.html>

Obr. č. 33 Struska vzniklá rozkladem odpadu plazmovým obloukem



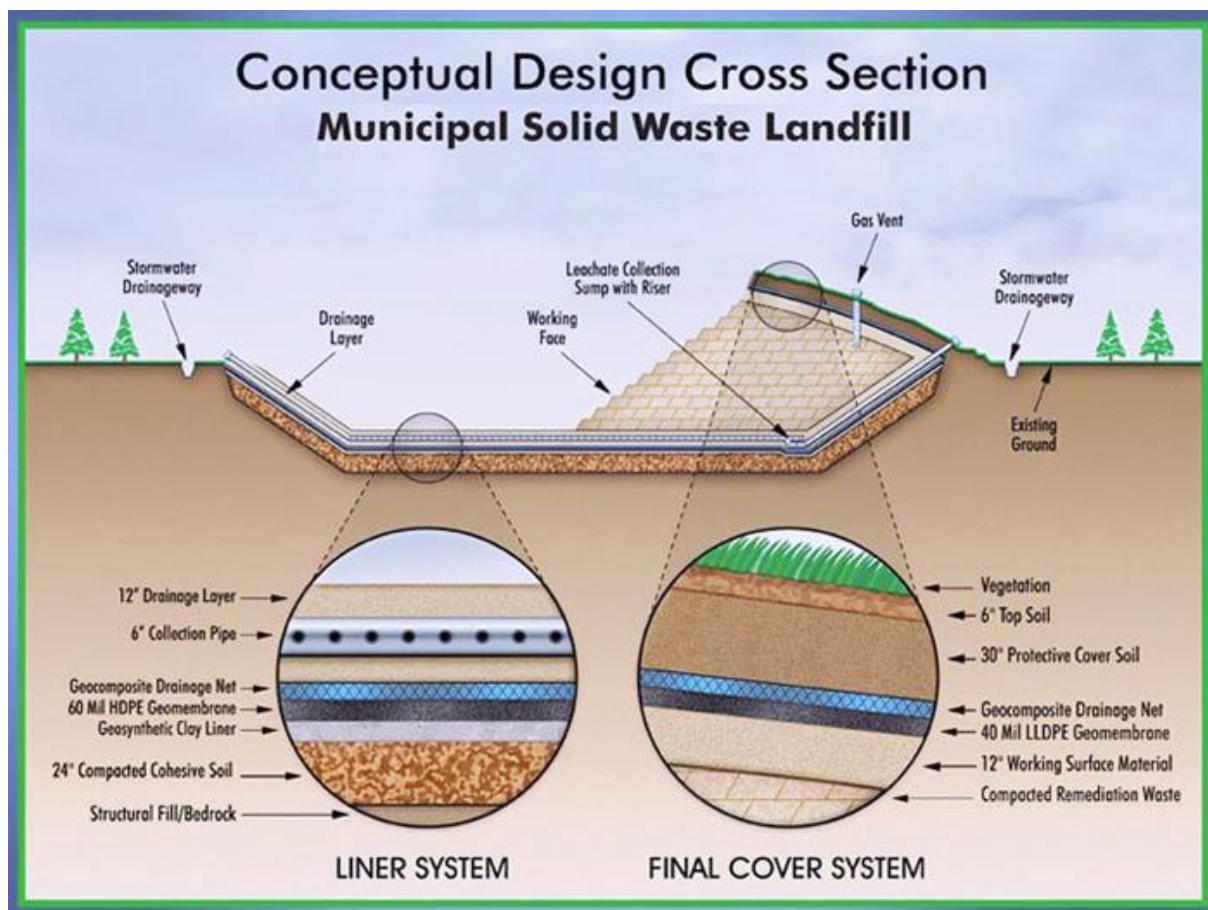
Zdroj: <http://www.mse-ta.com/plasmatech/plasmafacility.html>

Obr. č. 34 Odpad zpracovaný solidifikací



Zdroj: <http://www.healthproductsforyou.com/p-14751-medline-isolyser-lts-plus.html>

Obr. č. 35 Schéma skládky



Čísla uvedená v obrázku jsou pouze orientační a liší se podle jednotlivých typů skládek. viz tabulka č. 2, 3, 4.

Zdroj: <http://semcolandfill.com/faq.html>